民國叢書

第四編

·90·

科學技術史類

天文學小史　朱文鑫著

曆法通志　朱文鑫著

上海書店

天文學小史

朱文鑫著

王雲五主編

萬有文庫

第二集七百種

天文學小史

二冊

中華民國二十四年九月初版

著作者　朱文鑫

發行人　王雲五　上海河南路

印刷所　商務印書館　上海河南路

發行所　商務印書館　上海及各埠

C五二六

目次

天文學小史

緒論　天文學之源流

天文之學，無分乎古今中外，而其間有一定之律也。月何以有時如鏡，有時如鉤。日何以有時極南，有時極北。行星遨游於衆星之間，何以其行獨速。衆星浮生於虛空之中，何以其光不滅。彗孛飛流，何以忽來忽去。日月薄蝕，何以有全有偏。銀河之星，何以獨密。星雲之距，何以獨遠。造曆者何以測候日星，能預推一年之節氣。航海者何以觀望星月，能駛行無軌之海洋。測地者又何以推步星象，能區分大地之疆域。凡此種種，未可盡舉，但皆屬諸天文學之問題，而足以解答之者，惟有定律而已。其範圍此定律者何在？曰空間。何謂空間？即天文學所佔地位之處。其應用此定律者又何在？曰時間。何謂時間？即天文學所佔地位之時。後漢張衡靈憲云，「上下四方謂之宇，古往今來謂之宙，」宇佔空間

宙佔時間，時空之觀念，隨歷史之演進而發展，宇宙之界限，由天學之進步而擴張。時間與空間，爲天文觀測之主要元素，有密切之關係。張衡之宇宙觀與哀斯坦之四元論（註一）上下二千年，有息息相關之理，於是天文學史尙矣。

天文爲科學之祖，文化之母。世界文化之起源，莫不與天文相表裏，世界科學之發達，莫不藉天文以推進。上古穴居野處，宮室制度未興，日出而作，日入而息，雞鳴戒旦，星見而昏。觀月有圓缺，知時日之轉移。見星有出沒，知晝夜之永短。自然之現象，隨人類生活以俱進。天文之常識，偕書契紀載而同來。古代游牧人種，移居就食，晝行以太陽爲南針，夜行以星月爲向導，久而習之，乃知南行而極星漸低，北行而極星漸高，東行則日出漸早，西行則日入漸遲。於是仰觀天文，而知方向之變遷，後世之航海測地，同此理也。迨移殖至可耕之地，遂成爲土著之農，每値播種之時，則見此星東升，及至收穫之候，又見彼星中天，久而習之，乃知此星東升，春之始分，彼星東升，秋之始分，此星中天，夏之必至，彼星中天，冬之必至，於是仰觀天文，而知節氣之轉移，後世之治曆明時，即此理也。稽諸舊典，豳風授衣，女紅之事，唐風三星，嫁娶之時，定之方中，版築以興，農祥晨正，耕稼以始，讀史者足以覘古代政教之

所行，風化之所趨焉。且日星之出沒，晝夜之永短，節氣之早晚，交食之淺深，莫不因時而異，因地而變，讀史者又足以覘世序之推移，方輿之區分焉。埃及以右樞爲極星，觀金字塔隧道而可證，周秦以帝星爲極星，讀史記天官書而益顯，時異而歲差所積以殊，此因天文以考見乎時者也。居北方則曰秋分候老人於南郊，語在史記天官書，至南海則見老人星下列星燦然，事載唐書天文志，地異而觀測所得不同，此因天文以考見其地者也。故歷史之紀載得天文以證明之，而天文之觀測，又藉歷史以闡發之，天文學史者，所以明人類進化之次第，天學發達之源流也。

天學發祥之地，即文化起始之源，世界文明古國，可考者有五千年之歷史，稽古證今，東西顯分二派：東方文明，起於中國，黃河揚子江兩大流域，爲文化交通之樞；西方文明，起於巴比倫，幼發拉的（註二）與底格里斯兩河之間，爲農商薈萃之區，亦即東西天學胚胎之兩大中心。中國天文學，由時代而演進，有完整之歷史；西方天文學由地勢而轉移，隨武力以興滅，各有淵源，分道揚鑣，各自發展，或因自然之現象，觀測有相同之點，方法有相似之處，其有不同者，不能強同也，如謂東西天學同出一源，勉強牽合，非失諸穿鑿，即近於武斷。

近時東西學者，有謂中國天學，漢以前已由西方傳入，殆亦昧於中國經史，無庸深辯。中國星象曆數，散見於六經，書詩春秋之日食及彗孛流隕之紀載，正確詳明，非西史所能及，故與其謂中國古代天學得諸西方者，不如謂西方古代天學得諸中國，較爲可信。中國聲教所訖，文化西漸，固不自漢通西域始，亦不自亞歷山大帝東征始，不必遠溯唐虞，羲和欽若昊天，遠宅西方，作好高騖遠之談，即證諸史記，已足明其大概。太史公言：「幽厲之世，疇人子弟分散，或至諸夏，或至夷翟，」則遠適異國，挾書器而長征者，事誠有之。聲教所播，遠國懷柔，故西方古時，稱中國爲天朝，語載希臘人提細亞斯之著述，（註三）時在西元前四百年間，約值春秋戰國之際，足證周末疇人，有以中國天學傳入彼邦，始知上國文明，致尊爲天朝也。據希臘史家希羅多德言，西元前六七百年間，有亞理斯底亞者，曾至新疆之西，以證東西交通之早。當亞歷山大帝東征印度時，其部下泥阿卡斯將軍筆記中，有中國絲絹輸入西方之說。（註四）證諸漢書西域傳，張騫至大夏，見邛竹杖蜀布，詢明自身毒傳來，可見漢武以前，中國之物，已入印度，與泥阿卡斯之紀述相符，然則中國之物質文明，早已輸入西方，亦文化西漸之證也。秦始皇北築長城，以卻匈奴，胡人不敢南下而牧馬，而中國勢力出關無阻。迨漢武帝使張

鑿通西域，已威震月氏大宛安息大夏諸國。後漢班超西征，遠及裏海，長驅西進，探得羅馬軍情，而中國文化自亦隨之深入西方。亞歷山大帝世稱西方雄主，武力東侵，不過及新疆之西，未入中國之境，近人即據此而謂中國古代天學由西方傳入者，殆僅讀希臘史而未讀中國史，知其一而未覩其二也。況當時中國之輸入西方者，邛竹之杖，西蜀之布，以及錦繡絲絹，皆屬人造藝術之品，而西方之貢獻於中國者，大秦之寶，大宛之馬，以及玳瑁金銀，盡是天然生產之物，文野之分，顯然可見。即如後世羅馬之所謂科學藝術，在隋唐之際，尚不值中國之一顧，（註五）唐以後中國造紙之術，印刷之法，由阿拉伯傳入歐西，始開中古歐陸之文明。西法之傳入中國者，雖唐有天竺之九執曆，元有西域之萬年曆，皆引用不久，疏闊即罷，至明譯回回曆，雖立專科，與中曆並用，亦不過聊備參考而已。迨明末利瑪竇來中國，得徐光啓之助，始用西法，豈得謂中國古代天學，已由西方傳入者乎。

考中國古代天學，原分二派：一爲天文家，如周禮之保章氏，觀測恆星流彗之隱見，其言涉及占驗，不離古時之占星術；一爲曆家，如周禮之馮相氏，推步日月五星之行度，其法重在測算，有若近代之應用天文學；故司馬遷作史記，曆與天官，分爲兩書，歷代因之，判若鴻溝。西方古代天學，原分三派：

一爲神學派，如巴比倫埃及希伯來之僧侶，以星爲神，視地爲平，猶舊約第一卷之創世記，後世謂之宗教系；一爲哲學派，如柏拉圖亞力士多德派賽格拉斯諸家，以地爲球形，居宇宙中心而不動，後世謂之亞力士多德系；一爲科學派，如尤篤克斯迦力波多祿某諸家，創諸輪之法，以測日月五星之行度，後世謂之多祿某系，（註六）此中西天學派別之不同。

中國創十二次二十八宿之法，相傳甚古；而巴比倫有十二宮二十八星之說，其法相似，而宮次界限不同，星宿分類各異。洪範星有好風，星有好雨，巴比倫軫爲風星，昴爲雨星。史記紫宮房心權衡咸池虛危爲五官坐位，西法以心大星軒轅大星畢大星北落師門爲四方主星。古曆冬至在牽牛，西曆春分起白羊。三統曆以一百三十五月爲朔望之會，迦拉底以二百二十三月爲交食週期，一歲三百六十五日又四分日之一，十九年七閏，中西古法，皆有相似之點，此乃自然之現象，與當時之實測，有不得不相符者也。

中國曆法，至秦漢而始具規模。西洋天學，至希臘而始成科學，由阿拉伯而傳入西歐，至德國而復興，其間一千四百餘年，歐洲各國莫不以多祿某爲宗，迨十六世紀始見國際之勃興，開近代天文

學之新紀元。哥白尼波蘭人也，創行星繞日之說，一變古來地心之宇宙觀。第谷丹麥人也，經三十年之密測，爲後人推步之根據。迦略利意大利人也，創遠鏡以窺天，發古人未發之祕。刻白爾德人也，創橢圓定理。牛頓英人也，創萬有引力。此數家者，實近代天學之開山鼻祖，乃由各國相集而成，豈不奇哉。厥後天學之進步，當以德人爲最，英人次之，侯失勒威廉由德遷英者也，自造返光鏡，發見天王星，破古來太陽系之範圍，復開近代恆星天學，宇宙構造之研究途徑，其有功於天學者，不亞於哥白尼迦略利諸家。近年以美人爲最，巨大之遠鏡，精良之儀器，相繼製造，學者應時而起，物理天學日見進步。尤奇者，哀斯坦猶太人也，生長德國，發明相對論，爲牛頓以來科學界之重大革命，今乃被逐於德，寄居於美，天文之學，原無分乎古今中外，惟有一定之律，而無國界之分，若斤斤於彼我之爭者，適見其度量之隘矣。

天文學史由觀測方面而論，約可分爲三大時期，(註七)

一、肉眼天文學之時期： 在遠鏡未創以前，觀測天象，全恃目力，自希臘依巴谷至丹麥第谷，約一千五百年，所用儀器，皆極簡單，發明學理雖不多，而創始之功，自不可沒。

二、遠鏡天文學之時期：西元一六〇八年，荷蘭眼鏡鋪幼子利泊希發明放大幻鏡，迦略利聞而改造之，用以測天，於是各國天文家應時而起，三百年來，正天學猛進之時，遠鏡之構造精益求精，雙星星團星雲發見日多，至十九世紀末，已達全盛時代。

三、分光天文學之時期：自弗勞恩霍拂引用分光鏡以測星，凡遠鏡之所不能窺測者，皆藉分光鏡以求之。恆星物理之性質，化學之成分，以及運動之向背，遂一一發明，爲近代最新之物理天文學，二十世紀以來，進步尤見神速，而各家之致力於此者，正方興未艾。

若以天文學之歷史而論，亦可分爲三大時期，

一、觀測天文學或應用天文學之時期：古人觀測天象，專推諸星之位置，及相與之視動，全恃幾何學爲推步之基礎，其功在希臘學者，相延一千五百年，莫能出其範圍。

二、引力天文學或論理天文學之時期：自刻白爾創橢圓定律，及牛頓創萬有引力，應用於天學之後，諸星之運動，皆能精密測定，而天文學之進步，亦遂顯著。

三、物理天文學或自然天文學之時期：自迦略利應用遠鏡以測天，凡古之所未明者，皆得目

驗，繼以分光鏡、測光鏡、攝影器等，各種測驗之利器，逐一應用，於是星體之組織，宇宙之構造，由物理之性質，化學之成分推究之，遂成近代天文學之大觀。

由是觀之，第一期為古代天文學之時期，有二千餘年之歷史；後兩期為近代天文學之時期，經四百餘年之進步；此天文學之自然區別，不能與普通歷史之分期，相提並論也。故十六世紀以前，屬諸第一期，名曰古天文學史，分地述之，足覘當時中外學術並行之源。十六世紀以後，屬諸後兩期，名曰新天文學史，分時論之，足覘近代國際科學勃興之象。惟小史篇幅有限，祇能刪繁就簡，紀其大略，聊備參考云爾。

(註一)哀斯坦相對論，以前後左右上下遲早為四元時空，蓋三元空間，惟有物象，四元空間，兼及時事也。

(註二)外國人名地名原文，插入本文之間，似眩讀者之目，故另編對照表於書後，以譯音第一字筆畫為次序。譬如查哀斯坦之原名，則在人名表九畫部內，查幼發拉的之原名，則在地名表五畫部內，餘皆仿此。

(註三)參觀沈璿譯新城新藏著東洋天文學史之研究，後附飯島忠夫之論文，又科學第十一卷第六期，陳嘯仙譯飯島氏中國天文學之組織及其起原，予案四方古時稱中國為(Celestial)即天朝之意。

(註四)仝上

(註五)參觀梁思成等譯韋爾斯世界史綱，上編第四〇三頁。

（註六）參克孚森近代宇宙論緒言。(H. Macpherson's Modern Cosmology)。

（註七）參觀文鑫天文考古錄，中西天文史年表，可爲本書之提要，惟西人譯音，略有修改，讀者諒之。

上編　古天文學史

一　中國天文學史

中國天文之學，具載於經史，雖秦火以後，古籍散亡，咸陽一炬，官書盡燬，而漢室初興，六經復見，固不免有殘缺之虞，眞僞之分，然猶得藉天文之紀載以考定之。況史記以後，歷代正史，有一貫之系統，現行二十四史有天文律曆諸志者凡十七史；史記律曆天官，分爲三書；漢書以律曆合志，易天官書爲天文志；續漢志晉書魏書隋書宋史仍之，宋書志曆與天文，而不及於律；新舊唐書舊五代史金元明三史仍之；兩漢及宋書另於五行志內，紀日食星變之事；南齊書僅志天文，新五代史獨考司天；遼史但志曆象，又皆特變其例；其他三國志南北史梁陳北齊周諸書皆無志，惟北齊之方技傳，北史之文苑藝術儒林諸傳，有述及各天文家之言語行事，即諸史本紀列傳之中，有關於天文曆法者，紀

載亦甚詳明。此二千餘年完整之歷史，爲世界各國所無，天學之發達，亦遠在西人之前，徒以中途廢弛，反落人後，後世推崇西學，厭棄前聞，不知探本而窮源，遂致數典而忘祖。嘗見東西天文學者，引用我國舊典，譯成彼國文字者，往往有之，如還譯國文而不知其出處，必不得與原文相符，又有襲我前人之說，而不言其所自，國人不察，反譯爲某國某氏之言者，能毋浩歎。考我史日中黑子之觀測，自漢迄明，一千六百餘年，有百餘次之紀錄，而西人尙不知日面之有黑斑。哈雷彗之復見，自秦迄清，二千餘年，按期不忒，未嘗稍有間斷，此種驚人之實錄，悉具於諸史。故琴立希博士云：「觀中國天文之史實，悠久明確，則所謂西方文化者，誠瞠乎其後矣。」（註一）然則中國史之不可不讀也明矣，蓋已往之陳迹，未來之階梯也，古天文之良史，今天文之資鏡也。

（註一）中國史之哈雷彗，原載天文考古錄二十三年四月，譯載美國天文月刊，第四十二卷第四期，（Popular Astronomy, Vol. XLII, No. 4, 1934.）編輯主任琴立希博士（Dr. C. H. Gingrich）之按語，載在該月刊第五期。

（一）唐虞至周秦

古之測天，莫重於曆，炎帝分八節，軒轅建五部，少皞以鳳鳥司時，顓頊以南正司天，曆法之源由來遠矣。然其事見史傳，而其法莫可考，究未可盡信，孔子删書，斷自唐虞，唐虞之際，堯命羲和測天設官，舜察璿璣觀象有器，朞三百六旬有六日，以閏月定四時成歲，粗舉綱要，實開後世治曆之端。夫曆者計歲月日之法也，地球一晝夜而自轉一周，故一日爲天然計時之單位，自今日正午至明日正午，經過一日之時間，絕無天文知識者，皆易明瞭。其次爲計月，自月圓以至月圓，經過一月之時間，亦顯而易見，故太陰曆爲自然計時之基礎。再次爲計歲，不如一日一月之易明，必藉天文觀測而始定，在中國居赤道之北，見冬至日行極南，日最短，夜最長；夏至日行極北，日最長，夜最短；設豎立一桿，以測日影，如周禮之土圭，則一歲之中，冬至正午影最長，夏至正午影最短，由此極簡之測候，而知冬至至冬至，或夏至至夏至，爲一歲之長，古之治曆者，以夜半爲日首，朔旦爲月首，冬至爲歲首，故冬至至冬至爲一歲，朔旦至朔旦爲一月，夜半至夜半爲一日。而計日之法，又創十干十二支，相配而成六十甲子，說者謂起自殷代，因殷墟文字有干支之象形，殷代帝王多以干支命名，考諸詩經春秋，其所紀干支，皆與後世相連續。故曆法雖屢經變革，而古代日序仍得賴以考證，實中國曆法之主要骨幹，天文

史開宗明義第一章也。

古之治曆，首重曆元，必以甲子朔旦夜半冬至齊同，爲起算之端。當斯之際，日月五星，又須同度，如合璧聯珠之象，謂之上元，緯書名曰開闢，唐大衍曆後名曰演紀上元，此古人治曆之基本觀念。自漢迄宋，未嘗稍變，至元郭守敬授時曆始廢，七政行度，出入黃道，歲周月周，數有奇零，古人推究上元，必以甲子夜半至朔與七政齊同，原屬理想之事，然因此而觀測星象，天學賴以進步。其最顯著者有三：一因推至朔同日，而晝測日影，夜考中星，堯典鳥火虛昴以明四時，小正月令，兼言昏旦，於是分周天爲十二次，以定節氣之早晚，分星宿爲二十八，以測七政之行度矣；二因推日月合璧，而知同經爲朔，同度爲交，交在朔則日食，交在望則月食，詩經以月食爲常，春秋祇書日食，至後世曆法疏密驗在交食矣；三因推五星聯珠，而知星行之順逆，見伏之週期，東有啓明，金水之晨見，西有長庚，金水之夕見，由西而東者謂之順行，由東而西者謂之逆行，由順而逆，或由逆而順之時，謂之留，亦謂之守，於是五星之掩犯凌聚，詳加密測矣。中國天文學，卽由此三大途徑而邁進，乃以上元爲目的地者也。

今相傳曆法之最古者，爲黃帝顓頊夏殷周魯六曆，其書載在漢書藝文志，其法散見於諸史及

緯書子書，其上元積年詳於開元占經，但眞本早已失傳；漢書律曆志云：「漢存六曆，雖詳於五紀之論，皆秦漢之際，假托爲之」。祖沖之云：「古術之作，皆在漢初周末，理不得遠。」嘗據顓頊曆立春在營室五度，殷曆冬至在牽牛初度，推算其測定之時，約距今二千三百餘年，在周烈王時代，蓋春秋戰國之間，天學漸見發達，古曆已經相當之整理，今將六曆測算之源，簡略述之，以明大概。（註一）

一歲　三百六十五日四分日之一。

自冬至至冬至，一歲之長，猶今之平太陽年，其日數有小餘，故今年冬至正午之日影，與去年冬至正午之日影，不能相合。古人連測四年，始見冬至午影漸復原處，極爲密近，因以四周一千四百六十一日，無小餘而影復初，復以周除日，得三百六十五日又四分日之一，爲一歲之日數，謂之歲實。

一章　十九年七閏，　二百三十五月，　六九三九·七五日，　冬至朔旦齊同。

冬至爲歲首，朔旦爲月首，惟一年之後，冬至不能復在朔旦，經測算之後，乃知冬至十九周，與月朔二百三十五周，日數相同。則冬至與朔旦相遇，故至朔同日曰章，以冬至測一歲之長，全係太

陽曆，以朔望計一月之長，全係太陰曆，古人以至朔齊同爲治曆之本，卽欲使太陽曆與太陰曆相符。故半分一歲爲十二中氣，十九年凡二百二十八中氣，卽二百三十五朔望月內有二百二十八中氣，其間有七月無中氣，故十九年而七閏，秦用顓頊曆，以十月爲歲首，置閏於歲終，名後九月，漢初承之，至武帝時造太初曆，始以無中氣之月爲閏月，故漢志曰，「朔不得中，謂之閏月。」

一蔀　四章，　七十六年，　九百四十月，　二七七五九日，　冬至朔旦夜半齊同。

一章之後，至朔相齊，但十九年之日數，仍有小餘，至朔雖同日而不能同時，必不復在夜半。故取四章爲蔀，九百四十月，二萬七千七百五十九日，無小餘，則冬至復在朔旦夜半，此治曆之基礎始定。於是以月數除日數，得一月之長爲二十九日又九百四十分日之四百九十九，謂之朔實，亦曰朔策。

一紀　二十蔀，　一千五百二十年，　五五五〇八〇日。

一元　三紀，　四千五百六十年，　一六六五二四〇日，　甲子朔旦夜半冬至齊同。

二十蔀之後，冬至復在朔旦夜半，惟不定在甲子日，因一蔀之日數，非六十所能除盡，取二十蔀

爲一紀，五十五萬五千零八十日，以六十除之，仍餘二十。則一紀之後，冬至起於甲辰，二紀之後，起於甲申，三紀之後，始復於甲子，故以三紀爲元，其日數可以六十除盡無餘，於是甲子朔旦夜半冬至齊同矣，謂之曆元，（此元年數，亦得以六十除盡之，如用干支紀年法，則年名亦復。）

古人推算曆元，猶求歲月日時各週期之小公倍數，無如歲周月周，數有奇零，難以齊同。故自漢迄宋，屢更曆元，終不密合，卽十九年七閏，其數相近而非適等，由近世測定年月常數推算，二百三十五朔望月之日數，比十九平太陽年之日數，約大千分日之八十六。故北涼趙𢾺，首改閏率，南北朝諸家，各有增損，至唐李淳風始破章法，更求密數，但古人創始之功，自不可沒。

古曆於曆元之外，復求日月五星齊同，如合璧聯珠，以爲上元，於是須推七政之週期，使同起於曆元，爲出發之點，起算之端，而公倍數亦愈大。故開元占經所載六曆積年，皆在二百七十六萬年以上，其推算之法，始見於三統曆，而三統之太極上元，推至二千三百六十三萬九千零四十年。後之曆家，顚倒於上元積年之間，埋沒於各種週期之內，以求合於算數，而冀有驗於天象，一部中國曆法史，實可謂演紀上元之算史也。（註二）

日月合璧，全食之象也。交在朔則起日食，交在望則起月食，日食者，月體掩日也，月食者，地影掩月也，月食則地球背日之半面盡見，日食則月影所過之地方有限，故日食雖多於月食，而可見之機會反少。古人重視日食，自較月食爲甚，其最古之紀錄，見於夏書：「惟季秋月朔，辰弗集於房」，梁虞劆推爲仲康元年，唐一行推爲仲康五年，但周共和以前，紀年難徵，據竹書紀年，仲康元年爲己丑，五年爲癸巳，而皇極經世仲康元年爲壬戌，五年爲丙寅，相差二十七年，故仲康日食，難得確期。詩經「十月之交，朔日辛卯，日有食之，」爲周幽王六年事，查是年九月望月食，十月朔日食，月食中國可見九分餘，日食僅見偏食，詩又云「彼月而食，則維其常，此日而食，于何不臧，」足證當時兩食迭見，故詩經相提並論也。春秋日食三十七，除四者誤紀外，三十三食，確爲得諸目驗，而書諸史策，爲後世考驗曆法之據，亦春秋天學發達之徵也。（註三）

春秋魯文公十四年，秋七月，有星孛入於北斗，克勞密林謂爲哈雷彗最古之紀錄。莊公七年，四月辛卯，夜中星隕如雨，畢渥德謂爲天琴座流星雨最古之紀錄。僖公十六年，正月戊申朔，隕石於宋五，則隕石之能書其地而記其數者，亦自春秋始，當時梓愼裨竈史趙卜偃之徒，雖長於禨祥，短於推

步。而天文之觀測，賴以促進，古史之紀載，藉以保存，亦未可因占驗之說而忽之。

戰國之時，七雄爭霸，諸侯養擁游士，縱橫捭闔之輩，雞鳴狗盜之徒，乘時而起，然其間不乏深通天文之士，甘德楚人（天官書云齊有甘德）作天文星占八卷，石申魏人，作天文八卷，世稱甘石星經，顧炎武日知錄云，「今天官家所傳星名，皆起於甘石，」宋邵康節皇極經世云，「五星之說，自甘公石公始，」蓋史記漢書所引甘石語，都屬五星，續漢志注引星經五六百言，類多占驗之談，與今本不同，是劉昭所見之星經，已非眞本。開元占經所載星經，皆出自晉隋二志，顯係唐人僞托，史記索隱所引星經語，與占經同，則司馬貞所見者，亦爲贋本。圖書集成所錄星經語，采自漢魏叢書，各星去極度與宋史天文志略同，又爲唐以後譌撰。更無疑義。據漢書天文志，歲星晨出東方，石氏在斗牽牛，甘氏在建星婺女，太初曆在營室東壁，可證甘石所測，正當戰國之時。所惜者，當時戰亂紛紜，測候失序，文經秦項兩火，古籍散亡，太史公作史記，諸侯之史已盡失，獨得諸秦記，搜羅史傳，僅得九日食，九彗星，一隕石而已，不著月日，其文疏略，殆爲秦火之燼餘矣。

二十八宿之星名，散見於書詩夏小正爾雅諸書，至甘石星經載歲星行天一周，偏歷二十八宿，

月令詳載二十八宿之昏旦中星，及日躔所在，足證二十八宿之起原，當在殷周之間，至戰國及秦而大備。(註四)古人觀測日月五星之行度，恆以恆星爲背景，入宿去極之度，猶今之赤道經緯，惟日之所在，星光被奪，日在恆星間之視位，目不能見，故夜測中星以推之，擇二十八宿爲標準。又因月五星出入於黃道南北，順逆留守，五星之行度各異，所經星象闊狹不齊，乃以二十八宿東西相距之度，依赤道區分之，故二十八宿之距度，大小不等，而二十八宿之星，皆與黃赤道相近也。

十二次之名，始見於爾雅左傳國語，分黃道爲十二等分，以定各節氣日躔。漢志所謂「日至其初爲節，至其中爲中。」古人所以有節氣中氣之別也。戰國之時，以歲星爲十二年一周天，分周天爲十二次，以歲星所在之次，爲紀年之標準。如左傳歲在星紀，國語歲在鶉火之類，當時未明歲差，不知恆星與節氣，每年有五十秒餘之差，乃以二十八宿配定於十二次，如爾雅星紀斗牽牛，玄枵女虛危之類，由此可見周秦之際，以十二次二十八宿，爲觀象授時之基礎。

以上所述，僅舉漢以前天文史之大略，自漢武帝制定曆法以後，始有一貫之系統，曆法之沿革，約可分爲五期。

第一期　漢武帝時（太初曆）始定曆法，開中國天文史之第一紀元。

第二期　宋祖沖之（大明曆）始定歲差，開中國天文史之第二紀元。

第三期　唐傅仁均（戊寅曆）始用定朔，開中國天文史之第三紀元。

第四期　元郭守敬（授時曆）始廢曆元，開中國天文史之第四紀元。

第五期　明徐光啓（新法曆）始用西法，開中國天文史之第五紀元。

（註一）參觀天文考古錄，中國曆法源流。

（註二）參觀文鑫曆法通志。

（註三）近世牛考惠以三百五十八月爲日食週期，十八週五百二十一年。同樣之日食，起於同月同日，次此推之春秋日食與漢書相應者，凡十四，足證春秋日食，確爲當時實測，參觀文鑫歷代日食考。

（註四）東洋天文學史之研究，二十八宿起原說，考訂甚詳，謂二十八宿發源於周初，或周代以前，至春秋中葉以後經中央亞細亞而傳入印度，復傳至波斯阿拉伯。

（二）兩漢

兩漢天學之進步，極爲顯明，學理之發展，實測之精勤，曆法之創改，儀象之構造，著述之豐富，在中國天文史中，造成四百年之新紀錄，雖脫脫書之不能盡，祇得粗舉大略，藉窺一斑而已。

古之談天，有渾天蓋天宣夜三家，蔡邕云：「宣夜絕無師傳，周髀多所違失，惟渾天最得其情」渾天之說，卵中裹黃，作渾儀以測之，作渾象以象之。蓋天之說，起於周髀，以句股測影，以蓋圖繪星。自落下閎賈逵張衡以來，皆宗渾天，蔡邕且欲寢伏儀下，以終其身，但測算之法，不離乎周髀，獨宣夜無傳，後人亦不明其義。鄒伯奇以爲宣夜乃測星之學，因夜考中星，自古所重，測候星象，常在夜分，此但依字義揣測，亦淺乎宣夜，其實渾蓋僅言其形，宣夜乃推究其理者也。考晉書天文志，述郗萌所傳宣夜說，雖寥寥數行，而天學之大綱，悉具於是，志但言萌爲漢祕書郎，而不詳其行事，劉昭補注續漢志，常引其占說，是萌爲東漢時人。

宣夜之書曰，「天了無形質，仰而瞻之，高遠無極，眼瞀精絕，故蒼蒼然也。譬之旁望遠道之黃山而皆青，俯察千仞之深谷而窈黑，夫青非真色，黑非有體也。日月衆星，自然浮生虛空之中，其行其止，皆須其氣焉。是以七曜或游或住，或順或逆，伏見無常，進退不同，由乎無所根繫，故各異也。故辰極常

居其所，而北斗不與衆星西沒也。攝提（指歲星）塡星（卽鎭星）皆東行，日行一度，月行十三度，遲疾任情，其無所繫着可知矣，若綴附天體，不得爾也。』案天無形質，是其獨到之見；衆星浮空，亦屬探本之論，取譬之辭，皆合實測。古人但知渾蓋之形象親切，周髀之測算簡易，而忽於宣夜之理，漢以後獨晉虞喜本宣夜而作安天論，謂天爲不動，當時爲葛洪所駁，而未暢其旨。從此無人過問，致不能以玄妙萬能之氣，推究其衆星行止之故，直待二千年後之牛頓，方發明引力之理，而爲天體力學之功臣，豈不惜哉。

漢書藝文志載天文二十一家，四百四十五卷，曆譜十八家，六百六卷，皆有書名，惜早失傳。西漢天文之著作，今可考者，當以淮南天文訓爲最古，天文訓爲淮南子二十一篇之一，於天文曆法，候星測影，風雨氣候，律度量衡，以及陰陽五行，無不具載，足以見漢初之學說。且其傳必遠在漢以前，故錢塘補註序云：『三代古術，往往見於周禮左氏春秋傳史記律曆天官書中，其可以相質證者，賴有此篇。』篇首論天地開闢，始於虛廓，虛廓生宇宙，宇宙生氣，氣之淸妙者爲天，重濁者爲地，以及日月星辰之由氣而生，實中國宇宙學之肇端。案劉安封淮南王，卽位在文帝十六年，其時漢用顓頊曆，淮南

載正月建寅，日月俱入營室五度，日日行一度，而歲餘四分度之一，月日行十三度十九分度之七，足以見顓頊曆之模型，而月行平率，古人早經測定，亦由此可見。

緯書不知何人所作，始見於西漢末葉，盛行於東漢，種類甚多，大抵爲漢人搜考古籍，而附以己說之著作。尙書考靈曜有言：「地體雖靜，而終日旋轉，如人坐舟中，而人不自覺，春星西游，夏星北游，秋星東游，冬星南游，一年之中，地有四游。」前半述地之自轉，後半述地之公轉，極爲簡明，後人因緯書非經，不加重視，猶宜夜之埋沒於古籍，而無人顧問，今讀史者誰不知地轉之說，創於希臘之尤篤克司，而成於波蘭之哥白尼，尙復有人憶及東漢之考靈曜哉。

兩漢學理之發展，可以概見，其他曆法實測儀象諸大端，具載於史記漢書續漢志，容擇要言之。漢武帝雄材大略，文事武功，爲一代冠，元封七年，詔公孫卿壺遂司馬遷等，議定漢曆，立晷儀，下刻漏，測二十八宿以定四方之位。復招致唐都分天部，落下閎運算轉曆，用鄧平八十一律法，作太初曆，改元封七年爲太初元年，以建寅正月爲歲首，此曆法史上第一次改革。

太初曆何故用鄧平律法，以黃鐘九九自乘爲日法，此開宗明義第一章，治此曆者當首先研究

者也。考古曆一月之長，爲二十九日又九百四十分日之四百九十九；其策餘（日下小數）大於二分之一，鄧平欲化繁爲簡，若命爲三十二分之十七，則大於古曆策餘，若命爲四十九分之二十六，則小於古曆策餘，乃於二率相加，爲八十一分之四十三，則最爲微近。於是假托黃鐘，以日法爲八十一，策餘爲八十一分日之四十三。漢志云：「太初術一月之日二十九日八十一分日之四十三」是也。一日爲八十一分，則一月爲二千三百九十二分，一章二百三十五月，爲五十六萬二千一百二十分，名曰周天。此十九年之日分也。若以八十一除之，得十九年之日數，再以十九除之，得一年之日數，爲三百六十五日又一千五百三十九分日之三百八十五，名曰歲實。若先以八十一乘十九，爲一千五百三十九，一次除之，所得歲實正同，故以一千五百三十九爲統法，即一千五百三十九年有五十六萬二千一百二十日，冬至在朔旦夜半，惟不定在甲子日，因此日數非六十所能除盡，於是三倍之，爲一百六十八萬零三百六十日，可以六十除盡無餘，於是朔旦夜半冬至必在甲子矣。故一千五百三十九年爲統法，三統四千六百一十七年爲元法，即太初曆以三統推曆元之法也。後劉歆重編太法，遂名之曰三統曆，蓋太初以改元名曆，三統以法數命名，故續漢志直言「太初元年，施行三統曆。」

何承天謂劉歆之生，不逮太初，後人幾幾乎疑續志之訛言矣。

古曆憑諸實測，由歲實而求朔實，惟所得歲餘四分日之一，尙嫌其大，將三百年而多一日，故春秋日食多在朔，漢書日食多在晦，已見一日之差。太初依據古曆，全憑推算，由朔實而求歲實，所得歲餘一千五百三十九分日之三百八十五，其數更大，將不及三百年而多一日，故太初以後，漢書日食，仍多在晦，落下閎運算之時，即知其非，語在益州耆舊傳，後爲張壽王所詆，事見漢書律曆志。當時司馬遷亦知平術之未善，徒以詔用其法，不敢爭執，故史記曆書不言鄧平其人，亦不載八十一分法。後劉歆依據太初，重編三統，巧說春秋。班固謂其推法密要，采入律曆志，故太初曆行於時，而其法不見於史記，三統曆並未用，而其法詳載於漢書，於是漢曆之起源，亦得賴以考證。

太初沿襲古曆，以冬至起於牽牛初度，三統依據成法，未敢遽改，故劉歆始言：「冬至在牽牛初」，繼言：「冬至在建星」，後復猶豫其辭曰：「冬至進退牛前四度五分」，俱載於三統曆。後漢賈逵論曆，則明言：「冬夏至不及太初五度，冬至在斗二十一度又四分度之一」。蓋自春秋戰國間，測定冬至點後，至劉歆時約三百餘年，冬至自當差四度餘，至賈逵時又將七十餘年，冬至自當差五度，故在

斗而不在牛，漢人雖不知歲差，而實測所得其差自顯。

三統曆共分七節：一曰統母，二曰紀母，三曰五步，四曰統術，五曰紀術，六曰歲術，七曰世經。統以步日月之躔離，紀以步五星之見伏，爲此曆之本根。母者立法之原，術者推算之法，五步者，實測五星以驗法，歲術者推歲之所在以紀時，世經者，稽古之年，以證其術之有據，提綱挈領，條理井然，爲後世曆家之法式。其曆之特點有四：一曰歲星超辰，知古法之未密，以一百四十四年而超一次；二曰五星見復，以金水合日至合日爲一復，火木土衝日至衝日爲一見；三曰交食週期，以一百三十五月而二十三食；四曰世經紀年，引經據典，遠溯上古，雖數有未密，皆其特創。所惜者依托鐘律，附會易象，使天學入於迷途，爲後世所詬病耳。

東漢知太初之疏闊，恢復古法，改用四分曆，創議於建武朱浮許淑之上書，課校於永平張盛景防之實測，施行於元和李梵編訢之考定。迨永元間，賈逵創黃道儀，測黃道度，始悟月行遲疾之理，考訂官漏增減之數，廢冬至在牛之說，而立斗分之名，去歲星超辰之法，而以干支紀年，前後經七十年而曆法始備。然永元以後，議論復起，延光中亶誦議用殷曆，梁豐議復太初，爲張衡周興所難，漢安初

邊韶非議四分，又欲規復太初，爲虞恭宗訢所駁。熹平間馮光陳晃非議四分庚申之元，甚謂「曆元不正，故妖民叛寇。」爲蔡邕所斥。當時四分曆漸見疏闊，但誦習光晃之徒，墨守舊章，拘泥讖緯，不肯實測，空爭曆元，宜爲衡邕諸家所駁斥。而衡邕亦無法以改進之，迨漢末劉洪，覃思密測，二十餘年，始悟四分之疏闊，由於斗分之太大，於是減少歲餘，造乾象曆，測定月行遲疾之率，月距黃道之度，此變更古曆之首創，爲魏晉曆家所師法，其法載在晉志，元元本本，可得而考也。

古曆十九年爲一章，一章之內，日行十九周，月行二百五十四周，三統曆已明言之，可知十九日內，日行十九度，月行二百五十四度，即一日之內，日行一度，月行十三度十九分度之七。淮南天文訓亦已明言之，此東漢以前所用之平率也。然月繞地而行，其軌道微近橢圓，故每日月之視行，有時不足十三度，即古之所謂遲，有時過於十三度，即古之所謂疾，今遲疾一周之間，相差約三度餘，漢以前曆家不知也。迨賈逵始測得「月移故所疾處三度」（見續漢志賈逵論曆）劉洪復加密測，名之曰過周分，即月行遲疾一周過於周天之數也。由是測得曆周日，即月行一周之日數，今謂之近點月，月自近地點環行一周之日數也。劉洪所得爲二七・五五三三六日，與近世白朗氏常數二七・五

五四五五日，相差不遠。嗣後曆家名之曰轉終日，因而推測益密，大半與白朗數相合。（註一）然則賈逵創始之功，劉洪測算之法，其所以促進天學者，豈淺鮮哉。

漢初推算交食之法，始見於天官書，惟其文有脫誤，三統曆始以一百三十五月爲朔望之會，六千三百四十五爲會月，謂朔旦冬至日月合璧齊同也。四分曆延襲之，謂「月食之既者至此而復既」然合璧在朔，必爲日食，漢曆但推月食，而諱言日食。蓋不願以有數可推，發日食循環之祕，使人主無戒警恐懼之心；或者以日食不利於人主，不便預言，有觸上忌；或因日食之既者難遇，月食之既者易見，舉月食以爲例，所以便目驗也。東漢曆家推算交食，益爲重視，其起算之元，週期之數，屢有改革，熹平光和間，諸家之爭執尤烈，爲東漢天文史中一件重要公案，考當時所用月食法，實分五期。

一、元和二年乙酉，延用三統法，以河平癸巳爲元。

二、永元十二年庚子，用宗紺法。

三、熹平四年乙卯，用宗誠法，改以是年乙卯爲元。

四、光和二年己未用馮恂法，　又有王漢法，以己巳爲元，未行。

五、光和三年庚申，復用誠法。

其間僅光和二年，恂漢二法，爲二家所創，餘皆同三統法，不過易其元耳。茲將各家週期列表於後，並附以西法，藉便比較。

三統法	一三五月	二三食	一食五·八六九五月	一週後差多〇·四九九日
宗誠法	一三五月	二三食	五·八六九五月	多〇·四九九日
馮恂法	五六四〇月	九六一食	五·八五二二月	多一·五九一四日
王漢法	一一五〇月	一九六食	五·八六三二月	少〇·八五八七日
迦拉底	二二三月	三八食	五·八六八四月	少〇·四五九四日
牛考慕	三五八月	六一食	五·八五二四月	多〇·〇四日

案續漢志「光和二年，王漢上月食注，言自章和元年至今凡九十三歲，合百九十六食，」其間有三十四閏月，合計之爲一千一百五十月。恂所推一食之數，與牛氏頗密近；漢所推一食之數，與迦拉底相去亦不遠；惟一週之後，所差較大，不如三統之密。故恂法僅行一年，而漢法未經行用。又案光

和二年，諸家預推月食各有不同，惇術以三月，誠術以四月，官曆以五月，及期三月陰雲，四月不食，五月又陰，皆未得目驗，遂起各家之爭執，而史官考驗莫決，卒以誠惇議論失當而罰俸兩月。王漢用元不合而遣歸鄉里，今考是年三四五月，皆不應食，當時推算未密，致是非莫決，罰俸遣歸，恐不足以服惇誠漢之心，亦可見古人創法之難。

五星之定名，大抵起於甘石，木星曰歲星者，古測十二年一周天，一年行一次，所以紀歲也。土星曰鎮星者，古測二十八年一周天，一年行一宿，如二十八宿之坐鎮也，火星曰熒惑者，以其熒熒如火，光度有變，行道不齊，足以惑人也。金星曰太白者，以其色銀白，全天最明也。水星曰辰星者，以其距日不及三十度，不過一辰也。觀其命名之原，皆根據實測，非漫設也。至漢代測驗益密，三統四分乾象諸曆，所測五星行度及會合週期，與今測皆不甚懸殊，而四分曆所測水星一週之數爲一一五・八七日，幾與今測相合，至足驚人。(註二)

恆星之觀測，甘石以後，首推唐都，都爲西漢方士，太史談受學天官，太初曆招分天部，故天官書序云：「漢之爲天數者，星則唐都，氣則王朔，占歲則魏鮮。」史公之書，即本三家之說，雖不專論星象，

而敍述恆星，尤爲深切著明。言下見象，以五官之坐位爲經，而曰「不移徙，大小有差，闊狹有常，」因地球之自轉，現全天之動程，恆星有歲差，則渾天全轉，而相與之方位不變，恆星有自行，則其動極微，非積年久測，不覺其移徙也。班固撰漢書，馬續作天文志，恆星一部全錄史記，而曰「經星常宿，中外官凡百一十八名，七百八十三星，皆有州國官宮物類之稱。」良以天官書闊遠微眇，故述而不作，惟馬氏紀此名數，不知如何算起。據天官所述，星有不著定數者也，後漢張衡靈憲云：「中外之官，常明者百有二十，可名者三百二十，爲星二千五百，微星之數，蓋萬有一千五百二十，」並謂海人之占，尙不與也。今六等以上目所能見者，不過二千五百星至三千星，足證其言之有據，又述及海人之占者，明中原尙有不得見之星也。故恆星之觀測，至靈憲而始備。

孛之名始見於春秋，彗之名始見於史記，而客星之名始見於天官書，惟不詳其形狀。漢志實錄所載，恆與彗孛相混，大抵當時之所謂客星，非卽近世之所謂新星。然漢志載「武帝元光元年六月，客星見於房，」實爲世界最著名之第一客星，考諸西史，是年希臘依巴谷，亦見客星而作恆星表，謂所見者在天蝎座中。足證其爲同此一星，而必明大易見，然則漢志特與彗孛相別，而名曰客星者，自

非無據也。

漢書五行志載「河平元年三月乙未，日出黃，有黑氣大如錢，居日中央，」此日中黑子之實測，爲世界最古之紀錄。續漢五行志紀黑子凡二，一言大如瓜，在日中央，一言如飛鵲，數月而消，與日斑消長之理合。考自漢迄明一千六百餘年間，有一百餘次之紀錄，其時遠鏡未創，西人尙不知日面之有黑子也。古人觀測天象，全恃目力，目力所及，無不殫精測候，雖日光強烈，未可逼視，猶能於相當情形之下，觀察而得其大概。（註三）兩漢五行志紀日食日異等事，雖不免偏於占驗，涉以禨祥，而古人重視休咎，紀載藉以流傳，後世賴以質證。如漢志日食有晦朔之不同。而曆法得以驗其疏密，測候因之而加精，京房好言日異，有五色五變之占，而日中黑子卽由此以發明，其有功於天學者，實未可限量，豈得以五行之志，盡屬災異之談，而不加細察，遂令古人創造之功，隱沒以終哉。

兩漢之實測，具載於天文律曆五行諸志，未可悉舉，茲不過紀其犖犖大者而已。至儀象之制，亦自漢而始備，武帝時落下閎始造渾天儀，於地下轉運，以測星象。宣帝時耿壽昌復鑄銅爲象，故楊雄說渾天，謂「落下閎營之，鮮于妄人度之，耿中丞象之。」永元十五年，賈逵創黃道銅儀，定黃道宿度，

測得黃赤距緯，及黃白距緯之數。陽嘉元年，張衡作渾象，以漏水轉之，璇璣所加，某星始出，某星方中，某星今沒，觀渾象者閉戶而唱之，與靈臺之觀天者，皆如合符，制作之巧，爲後世所取法也。今德美兩國構造假天（Planetarium）作通俗之演講，亦不出乎此理，不過規模宏大，機械益精耳。（註四）

（註一）參觀曆法通志，各曆近點月與交點月常數表。

（註二）參觀曆法通志，各曆五星會合週期表。

（註三　參觀天文考古錄，中國日斑史。

（註四）參觀美國天文月刊第四十二卷第二、三兩期，論芝高閣新造假天。（Popular Astronomy, Vol, 42, Nos. 2 & 3, Chicago Planetarium.)

（三）魏晉南北朝

三國鼎立，天下擾攘，劉氏僻居西蜀，因漢室之裔，承四分之曆，與國終始，而無所創改。孫氏偏據東吳，行劉洪之乾象曆，闞澤爲之解，徐岳宗其法，陸績王蕃皆依據以改造渾天儀象。曹氏奄有中原，自襲漢統，以四分爲漢曆而已舊，乾象爲吳曆而莫用，議造新曆，自定魏制，開國之初，高堂隆韓翊各

以曆上，但增益乾象斗分，依附四分範圍，未見所長，不能行用。明帝時有楊偉者，長於測驗，善於推算，造景初曆，始悟黃白交點，每年有移動之度，知交食之起，不必定在交點，月朔在近交之處，亦可起日食，月望在近交之處，亦可起月食，於是定交會遲疾之差，猶今之所謂食限。復推月食分數法，及虧起方位角，皆爲前曆所無，後曆所法。自景初元年施行以來，迄於魏末，晉一天下，沿襲承之，改名泰始；迨晉室東遷，偏安江左，仍未稍改，惟因景初曆推五星甚疏，用乾象之五星法以代之。宋初仍襲此曆，改名永初，沿用二十三年。故景初曆自魏歷晉而至宋，兩易其名，沿用二百餘年，爲漢建安以後宋元嘉以前惟一之善曆。

兩晉沿用景初，無所創作，說者謂晉之士大夫好尚淸談，不重實學，故於天文曆法，絕無表見，但亦未必盡然，如虞喜作安天論，獨宗宣夜，自具卓識，且發明歲差，實開中國天文史之新紀元。晉以前不知歲差，天周與歲周不分，以爲太陽自冬至一周天而一周歲，虞喜始悟太陽之一周天，非卽冬至之一周歲，分天自爲天，歲自爲歲；因太陽自今年冬至環行一周天，至明年冬至，不能復在原點，而有不及之處，是謂歲差，又謂之恆星東行，或謂之節氣西退。後祖沖之劉焯遂用以治曆，而恆星年與太

陽年始有分別，皆爲創始之功也。又太原中，後秦姜岌，亦當時之善曆者也，造三紀曆，始推日食分數．又因測中星以推日躔，至恃精密時刻，但古來計時之法，悉憑壺漏，難得密合，乃以月食所衝定日之所在，更爲準切。且岌又發明蒙氣差，隋書天文志引姜岌（註一）語謂「參伐初出，在旁則其間疏，在上則其間數。」（細密也）又謂「日初出時，地有游氣，故色赤而大，及至中天，上無游氣，故色白而小。」蓋光線經過空氣而曲折，星之視高，恆大於眞高，名曰蒙氣差，愈近地平，其差愈大，漸高漸小，至天頂而無，姜岌之說，與近代學理相合，此皆晉代之重要發明，亦中國天文史上光榮之一頁也。

晉書天文志撰於唐李淳風，實錄所記，得以覘魏晉之實測，其論星象，雖多占驗之談，而其間有爲後世所宗，且視爲定論者也。其言恆星曰：「吳太史令陳卓合甘石巫咸（天官書云殷商巫咸）三家星官，著於圖錄，總二百八十三官，一千四百六十四星。」自晉迄宋，皆以爲定紀，惟查晉志所載，較陳卓數少一百七十一星，劉宋錢樂之作渾象，以朱黑白三色，用殊三家，而合陳卓之數，但其圖已失傳。隋書天文志亦出自李淳風之手，其數始合，步天歌即根據晉隋二志而分三垣二十八宿，亦合陳卓之數。此歌文詞淺陋，不過便於記誦，自鄭樵通志目爲祕寶，以爲祇傳靈臺，不傳人間，於是宋以

後皆以此歌爲根據，宋史天文志載紫微垣三十五坐，一百六十星，太微垣十九坐，七十八星，天市垣十八坐，八十七星，東方七宿四十六坐，一百八十六星，北方七宿六十六坐，四百有八星，西方七宿五十五坐，二百九十九星，南方七宿四十四坐，二百四十六星，總二百八十三坐，一千四百六十四星。宋蘇頌新儀象法要星圖，紫微垣環極四十度內，三十七名，一百八十三星，東北方十四宿，距赤道南北五十五度內，一百二十七名，六百六十六星，西南方十四宿，距赤道南北五十五度內，一百十七名，六百十五星，總二百八十三名，一千四百六十四星，皆合陳卓之數。故後世所用星名，大抵皆起於晉志，其言天漢起訖，述銀河所經星象，自尾宿起，出河鼓天津，經王良閣道，越天船大陵，過天狼弧矢，而環天一周，簡而彌賅，亦爲後世史志所宗。其言彗星曰，「彗星所謂埽星，本類星，末類彗，小者數寸，長或經天，彗本無光，傅日以爲光，夕見則東指，晨見則西指，」由引力之理，彗之首恆向日，晨見則日在東，首向日而尾西指，夕見則日在西，首向日而尾東指。晉志之言，由於實測之經驗，雖不言其理，而其理自顯。其言孛星曰，「孛亦彗屬，偏指曰彗，芒氣四出曰孛。」其言客星曰。「其見無期，其行無度」。其言流星曰，「自上而降曰流，自下而升曰飛，大者曰奔，奔亦流星。」其他述抱珥背璚之象亦甚詳，故

天學上之名稱，亦大抵起於晉志，志所紀日中黑子凡二十二，如桃如李，如棗如卵，皆能詰其形狀，明其消長，亦爲後世所法。

南北朝曆家承虞喜之後，實測歲差之率，在曆法沿革史上，處重要之地位，何承天祖沖之創之於前，張子信劉焯繼之於後，其間屢有發明，天學日臻進步。南朝以何承天爲宗，北朝以祖沖之爲法，而北齊曆家蠭起，祖氏開山之功也。無如兩朝之紀載，最爲紛歧，南朝之曆有六，載在宋書者僅元嘉大明二曆，北朝之曆有十二，載在魏書者僅正光興和二曆，李延壽撰南北史，總括兩朝而不作諸志，南自宋武帝永初元年，至陳後主禎明二年，北自魏明帝泰常五年，至隋文帝開皇八年，凡一百六十九年，南史書日食三十六，而北史有七十九，同在一年者僅二十七，其間尙有月日不合者，疏漏牴牾，莫此爲甚；故考訂兩朝曆法之沿革，須參閱各史，始得條理。（註二）隋書律曆志采梁天監以後，五代曆法損益之要，上接劉宋，下逮李唐，足見兩朝之規模，並載開皇皇極大業三曆。劉焯之皇極曆，雖未得行用，而當時咸稱其妙，又爲唐曆所取法，故隋志紀之特詳，後之讀宋書者可略得兩朝之精華，讀隋書者亦可知皇極之模範矣。

宋元嘉間，何承天始悟日食有在晦二日，月食有在望前後，皆不合於法，故以盈縮定其小餘，而正朔望之日，使日月食必在朔望，故月有三大二小，此引用定朔之起源也，實開唐曆之先。又創調日法，累強弱之數，得中平之率，以為日法朔餘，譬如朔實為二十九日五三〇五八八有奇，欲收其奇零之數，須用命分，若命為二分日之一，太疏闊，不可用，改為十七分日之九，則弱，又改為三十二分日之十七，則強，應得之數，當在此強弱二率之間；於是以弱率加強率，為四十九分之二十六，仍強，再加弱率，為六十六分之三十五，則轉弱，復加強率，為九十八分之五十二，則微強，如是遞加，可得漸近，此何承天之調日法也。唐宋曆家演紀上元，皆以此法為本。（註三）

祖沖之天算大家也，又精於機械之學，改造指南車，創建自行船，運轉如意，屢試輒驗，其所撰大明曆，創作殊多，測得三統曆以歲星一百四十四年超一次，其數未密，謂『歲星行天七帀輒超一次』，約得八十四年一周天，為唐大衍曆所本，與今測頗密近。因趙𢿱首改閏率，尚未精密，更創新率，以求適合。（註四）何承天不用歲差，沖之始以入曆，惟虞喜以五十年差一度，沖之以百年差一度，劉焯謂其過猶不及，改用七十五年，然虞喜首明其法，沖之始以治曆，皆足為後世之創，雖其數未密，而其功

實偉。沖之復測定交點月，月自交點環行一周之日數，得二七·二一二二三日，與自朔常數甚密近。（註五）後之曆家名曰交終日。案月法四種，原爲治曆之本，至沖之而始全備，一曰朔望月，早見於古曆，二曰經天月，始見於三統，三曰近點月，始見於乾象，四曰交點月，始見於大明，由是測驗有據，推求益密，沖之創始之功，不亦偉哉。

昔魏劉徽創九章，祖沖之作綴術，同爲中國算學之鼻祖，綴術曾列於唐之學官，後乃失傳，其所定圓周密率，至今不能出其範圍。隋書律曆志云，『圓率周三徑一，其術疏舛，自劉歆張衡劉徽王蕃皮延宗之徒，各設新率，未臻折衷，沖之更開密率，以圓徑一億爲一丈，圓周盈數三丈一尺四寸一分五釐九毫二秒七忽，朒數三丈一尺四寸一分五釐九毫二秒六忽，正數在盈朒二限之間，密率圓徑一百一十五，圓周三百五十五，約率圓徑七，圓周二十二』元趙友欽世稱緣督先生，撰革象新書，嘗推究其術，先以圓容四方形，逐次倍之，至萬六千三百八十四等邊形，求得祖氏密率之朒數，若以外切等邊形求之，則得祖氏密率之盈數。

大明曆爲戴法興所撓阻，當時未得行用，齊欲用之，亦未果。至梁天監中，沖之之子暅上其父曆，

史官考驗，始知勝於舊曆，遂施行之。祖暅承其父業，深通天學，嘗實測紐星去極之度，以證歲差之有據，古以北極爲不動處，自歲差之理明，而後知北極亦動，因北極之移動，而極星亦古今不同矣。周秦之際，以帝星爲極星，天官書曰，「其一明者」是也，隋唐迄宋，以天樞爲極星，故晉隋志曰：「四輔抱極」以四星正抱天樞也。天樞爲北極五星之一，爲五等小星，故朱子語類曰「取旁一小星爲極星」是也。祖暅之所謂紐星者，卽天樞也。嗣後宋沈括元郭守敬相繼測候，各有不同，而北極之移動亦益顯。祖暅又於嵩山之上，造八尺銅表，以爲日晷，其下與圭相連，圭上爲溝，畫水以取平正，復開後世水平之法。

北齊得祖氏之風，曆家乘時而起，信都芳宋景業劉孝孫張孟賓鄭元偉董峻各有著作。張子信因葛榮之亂，避居海島，專以圓儀測天，歷三十年，始悟日月之不平行。考月行有遲疾，漢末已經測見，日行有盈縮，當時尚無人知，蓋地球繞日而行，一年一周，其軌道爲橢圓，日偏在一焦點，故距離有遠近，而視行有遲疾，冬至前後，地距日最近，其行最疾，反觀日之視行，亦最疾。夏至前後，地距日最遠，其行最遲，反觀日之視行，亦最遲。張子信首先測得盈縮之數，而以日在冬至爲盈之極，自冬至後漸縮，

至春分而平，至夏至爲縮之極，夏至後漸盈，至秋分而平，至冬至又爲盈之極，劉焯始立盈縮躔差法，唐一行復加密測，爲推定朔定氣之本。後世始知冬至不在近日點，夏至不在遠日點，而測候益密，然張子信測候之功，不亞於第谷，向使候簿猶在，未必無刻白爾者，由此繪圖推算，而發見橢圓定理也。

隋高祖統一南北，行禪代之事，欲以符命耀天下，道士張賓知其意，盛言星曆有謝代之徵，又得內臣劉暉之援，高祖大悅，令主曆法。賓乃依據元嘉，微加增損，頒行之初，劉孝孫張胄元劉焯皆言其非。孝孫前朝老臣，困守觀臺，尤爲憤激，輿棺力爭，伏地痛哭，高祖異之，令與胄元同課月食，而孝孫必欲先斬劉暉，後訂曆法，高祖不悅。會孝孫卒，張胄元得太史印，引進袁充，互相標榜，胄元謂充曆妙極前賢，充言胄元術冠古今。襲孝孫與焯之法而撰大業曆。並力排劉焯，而心實畏之，其曆行於開皇十七年，初命上元冬至起虛五度，自知其疏而不敢改。至大業四年，劉焯卒後，方改爲虛七度，而增損諸法，先是劉焯駁胄元曆六大款，糾其謬誤者多至七百餘條，仁壽四年，焯撰皇極曆，帝欲行之，袁充方幸於帝側，與胄元共排抑之，焯稱疾而歸，曆竟不行。當時術士咸稱其曆之善，疇人傳論之至當、謂「焯術推遲疾盈縮，黃道月道損益，日月食多少，及所在所起，並密於前術，唐麟德大衍號稱名術，而

寫皇極舊法，以爲能究術算之微，蓋自何承天祖沖之以來，未有能過之者也。一且焯曆有定朔法，有定氣法，已開後世之先，淳風用定朔而另立進朔，一行用定氣而祇推交食，皆寫皇極舊法，而未臻縝密，直至元授時曆始去進朔遷就之法，清時憲曆始用西法定氣之數，不亦惜哉。

(註一)隋志誤作安岌，錢大昕廿二史考異云，安岌當作姜岌，字脫其半耳。

(註二)參觀曆法通志曆法沿革考。

(註三)清嘉慶間，元和李銳得秦九韶九章算書，悟唐宋演撰家演紀上元之術，皆依何承天調日法，蓋九章之大衍求一術，即此法也。元明以後，無人能知其底蘊，李氏撰日法朔餘強弱考一卷，以開元占經及授時曆議所載五十一家日法朔餘，一一考其強弱之率，凡合者三十五家，不合者十六家，反覆推求，詳論得失，爲研究古曆者啓其扃，宜參考也。

(註四)參觀曆法通志南北朝諸家章閏表。

(註五 參觀曆法通志各曆近點月及交點月常數表。

(四)唐宋元明

自漢末至唐初，中原大勢，分合起伏，擾攘者四百餘年，惟測候之功，未嘗稍替。隋唐之間，正天學勃興之時，唐初國勢強盛，版圖遠擴，東收高麗，西及波斯，南服安南，北踰戈壁，懷柔遠國，廣宣文化。波斯景教徒來，許其設教堂於中原；阿拉伯回教徒來，許其設淸眞寺於廣東；玄奘經土耳其而入印度，搜羅佛經，聲教遠播。於是中國學術徧傳於印度波斯阿拉伯，更由阿拉伯而入西歐，歷唐宋元明，垂一千餘年，中國常居世界先進之地位。（參觀後西洋古天文史）

唐以前用平朔，止知月有一大一小，何承天劉孝孫劉焯皆議用定朔，而扞格難行。武德二年傅仁均造戊寅元曆，始用定朔，爲曆法史上一大改革。繼因貞觀十九年九月以後，四月連大，曆家以爲非常，遂復用平朔，至李淳風麟德曆再用定朔，惟立進朔遷就之法，以避四大之事，一行謂「天事誠密，雖四大三小，庸何傷，」然其所造大衍曆，亦未能踐其言而定其法。麟德曆始廢古來章蔀紀元之法，立總法以爲推算之母；大衍曆實測九州北極高度，以定各地食分，皆爲唐之善曆。而大衍曆議援据經傳，旁采諸家，考證古曆之得失，以明其立法之源流，而著其創作之精神，宋周琮明天曆論，元李謙授時曆議，皆取法也。（註一）開元以後，諸家曆法皆寫麟德大衍，而不能出其範圍，五紀曆與大衍

小異者九事，宣明曆首創日食氣刻時三差；崇元曆用算巧捷而已。開元間譯天竺九執曆，時人以爲出自西域名數詭異，不足爲法，唐志僅載寥寥數語，其法見於開元占經，足覘印度古曆之大概。其他唐曆如光宅至德正光觀象符天，法多不傳，符天爲曹士蔿所撰，不用上元，爲五代調元所法，已開授時之先，惟當時祇行於民間，謂之小曆。

唐書天文志述開元時實測九州晷景及北極高度，以定各地食分之多少，及南北晝夜之長短。南至交州，「八月海中望老人星下列星燦然，明大者甚衆；」北盡鐵勒，「骨利幹晝長而夜短，既夜天如曛不暝，夕胹羊髀纔熟而曙。」足見當時之實測，又造覆矩圖，南自丹穴，北極幽都，每極移一度，輒累其差，亦所以稽食分之多寡，及晝夜之長短也。儀象之制，亦較前代爲精，唐以前渾儀，僅有三辰四游兩種重環湊合，李淳風創六合儀，始備三重之制。最外者爲六合儀，次爲三辰儀，最內者爲四游儀，於是黃道經緯，赤道經緯，地平經緯，皆可測也。梁令瓚造水運渾天，上具列宿，注水激輪，每晝夜自轉一周，以合天象，半入木匱，以準地平，另立二木人，每刻擊鼓，每辰擊鐘，皆能按時自動，其制甚巧，漢張衡所不逮，宋蘇頌所取法也。

一行測得諸星去極之度，古今不同，自牽牛至東井十四宿，去極之度皆古測大而唐測小，是星自南而北也，自輿鬼至南斗十四宿，去極之度皆古測小而唐測大，是星自北而南也。梅文鼎云，「向使非恆星移動，何以在冬至後者漸北，在夏至後者漸南乎。」足以證歲差之有據。齊召南云，「自古皆謂恆星隨天不移，西法始謂恆星亦自移動，其說甚確，一行以銅儀測驗，卽知古今不符，已開西法之先。」西歷一七一八年，英人哈雷測見天狼北河大角之黃道度，與希臘時不同，而天狼之移動，尤爲顯見。自第谷以來已見其變，而知恆星之自行，然一行所測，正在哈雷之前一千年，足證發見之早矣。

舊唐書天文志述太史局原隸祕書省，掌天文曆法，武后時欲招致術士尙獻輔爲太史令，獻輔辭以山野之人，不能屈事官長。武后因其精於曆算，有心延攬，爲改官制，使其不受牽制，迨獻輔卒後，始還隸祕書省。嗣後遂屢有變更，或名渾天監，或名渾儀監，或名太史監，或名司天臺，或隸祕書省，或不隸祕書省，自久視元年至開成五年，一百四十年間，紛更往復，不計其數。開成間因占候災祥，理宜祕密，禁止司天臺官與人交通往來，亦唐代天文史中之特別情形也，尙獻輔天文測算，不見於史，故

其名不著。

宋設太史局，專掌先期預推，事後紀錄之職，又設司天監，專掌臨時測候，校驗疏密之事，職位分明，賞罰綦嚴，其重視推步，爲前代所未有，故日食無不在朔，月食無不在望，史志常有當食不食，陰雲不見之紀載，可知其先期預推者，尤較唐代爲勤。惟太史局皆儒家者流，司天監皆術家者流，於是有儒家之曆，有曆家之曆，儒者侈談玄理，術士泥拘成數，遂生門戶之見，易啓紛爭之端，且嗣世續緒，必更曆紀，而曆法之改革，愈見頻繁。東都自開國至靖康丙午，一百六十年，共行九曆；自南渡至景炎丁丑，一百五十年，亦行九曆。宋史律曆志凡十七卷。東都之曆分五部：第一部，王處訥之應天，吳昭素之乾元，史序之儀天，三曆合爲三卷，以應天爲本，乾元儀天附而註之，此宋志之創格：第二部，宋行古之崇天曆凡三卷，首述宋儒諸家之論律，范鎮以律起度，司馬光以度起律，相與辯難者三十年而未決；第三部，周琮之明天曆二卷，及皇祐時實測一卷，述琮論古今曆法之得失，及琮與于淵舒簡易之測驗甚詳；第四部，皇居卿之觀天曆二卷；第五部，姚舜輔之紀元曆二卷。他如衛朴沈括之奉元曆，及姚舜輔之占天曆，雖經行用，法早失傳，故宋志未詳。南宋之曆分三部：第一部，論律之沿革，及諸曆之校

驗凡二卷；第二部，陳得一之統元，劉孝榮之乾道淳熙會元，四曆合爲一卷；第三部，楊忠輔之統天，鮑澣之之開禧，陳鼎之成天，三曆合爲一卷。他如寶祐譚玉之會天曆，早已殘闕；景炎鄧光荐之本天曆，當陸秀夫擁立益王，出亡海上時用之，其法不傳，故宋志亦未詳。兩都各行九曆，而宋志各紀七曆，詳於東都，而略於南宋，亦事實使然。東都又有王睿之至道曆，張奎之乾興曆，南宋又有李德卿之淳祐曆，萬石之五星曆，或未經行用，或法數無存，故宋志不過紀其沿革之大略而已。

綜觀宋曆凡二十二，雖法有疏密，數有繁簡，但條例稍殊，綱目小異，所謂寫子換母，增損於積年日法之間，以求合於一時，大抵憑諸演撰之法，累積強弱之率者也。其間惟崇天行用最久，明天論曆最詳，紀元歲朔最密。至若楊忠輔之統天，暗廢積年日法，隱藏歲實消長，爲宋曆之特出，元授時所取法也，梅文鼎曰，「宋曆莫善於紀元，尤莫善於統天」，是研究有得之言也。

水運渾天之法，創於漢張衡，而其制不傳，成於唐梁令瓚，而其法始備，宋有張思訓韓顯符周琮于淵諸家，或據開元之遺法，或依淳風之舊規，相繼建製，逐有改進。至蘇頌始集各家之善，而別出新裁；得韓公廉之巧思，而機械益精，實足以超越前人，爲有宋一代之精華。其制則爲臺三層，上層如露

臺，設渾儀以觀星儀，上植龍柱以支之，儀下設水趺以平之，儀中置望筒以窺之，運用低昂，悉隨人意，並覆以脫摘板屋，使移動啓閉也。中層設渾象，有晝夜機輪，能自運轉，常使儀面星度，與天象相合。下層設木閣，閣凡五層，皆有門，以見木人出入，謂之司辰。第一層木人左搖鈴，右扣鐘，中擊鼓。第二層報時初正，第三層報刻，皆有木人持牌出告。第四層擊夜漏金鉦。第五層報夜漏更籌。運轉機輪，設在木閣之後，旁設天池河車水壺諸器，引水昇降以轉其輪。機械之制作甚精，後世鐘表之法，不能出其範圍。(註二) 靖康之變，宋器盡歸金人，高宗南渡，欲重創渾儀，已乏專家，乃訪求頌書，由頌子攜進呈之，但廷臣讀之不解，而攜亦莫識父書，遂不能仿造之，測驗之功，不絕如縷。

天文之學，至元爲盛，測驗之器有十三等，測驗之所有二十七處。郭守敬王恂等創簡儀仰儀闚几景符之屬，製器漸精，造授時曆，去虛立之元，憑實測之數，復焚陰陽讖書，破世俗迷信，以正天文，一洗古來占驗之浮說。始入近世天學之正途，在西法未入中國以前，莫與倫比，湯若望尊稱郭守敬爲中國第谷者，非過譽也。

元初耶律楚材上西征庚午曆，雖未行用，其書尚在。疇人傳云：「庚午元曆寫宋紀元舊術，與趙

知微同，惟以尋斯干爲里差之元，以東加之，以西減之，爲楚材之創法耳，」宋紀元曆爲金所得，楊級節襲其法而作大明曆，趙知微重修大明，改其曆元積年，而法數仍同紀元。楚材本金人，元世祖忽必烈慕其名而延攬之，故其曆仍襲知微，惟創里差之法，爲後世經度之本。其以尋斯干爲里差之元者，因西征所得極西之地，以紀太祖庚午年滅西遼之功也。至元十三年王恂許衡郭守敬楊恭懿等改治新曆與陳鼎鄧元麟毛鵬翼劉巨淵王素岳鉉高敬等，參考累代曆法，測候日月星辰消息運行之變，分別同異，酌取中數，以爲曆本。郭守敬晝夜密測，創立新法，參以古制，推算極爲精密。十七年曆成，賜名授時，十八年頒行天下，終元之世，未曾改易，授時曆凡七篇，一步氣朔，二步發斂，三步日躔，四步月離，五步中星，六步交會，七步五星，條目與前代曆法相若，惟歲實百年消長一分，暗襲統天之法，不用上元積年，氣閏諸應，皆憑實測，自較前代爲密。其步日躔月離，皆用句股弧矢，垛疊招差立算，步五星各注平定立三差之加減數，此授時立法之源，推步之根也。郭守敬傳自言創法者五事：如日躔盈縮，依立招差求每日行分，一也；月行遲疾，依垛疊招差，求轉分進退，二也；黃赤道差，用句股弧矢，求其積差，三也；黃赤道度，用圓容方直，矢接句股，求去極度，四也；月道交周，用立渾比量，求正交距度，五也。

明之大統，全襲授時，惟去其百年消長之法耳。

李謙撰授時曆議十二篇，闡發創法之理，及脩改舊法之故，悉憑古今實測之數，詳加校核，以驗疏密，無虛詞夸誕之文，無憑空臆想之言。其驗氣篇實測至元十四年至十六年，冬至前後日景，以正其數。其歲餘歲差篇，以大衍宣明紀元統天大明諸曆，推春秋以來冬至疏密四十九事。其周天列宿度篇，以漢落下閎唐一行宋皇祐元豐崇寧及元至元六測，列表比較。其交食篇，推書詩日食二事，春秋日食三十七事，三國以來日食三十五事，及元嘉以來月食四十五事。(註三) 以大明比較疏密，其不用積年日法篇，以三統後四十三曆，推算其積年日法，證明人為附會之失，及唐宋演撰之非。凡此皆實事求是，考據詳明，足覘歷代曆法之變遷，及元代天學之進步，明史天文志云：「談天之家，測天之器，往往後勝於前，」亦不易之論也。

元初扎馬魯丁進西域儀象七種，所謂咱秃哈剌吉者，漢譯渾天儀也，苦來亦撒麻者，漢譯渾天象也，異域之制，亦未能超越乎前規。而郭守敬創簡儀仰儀之外，又有候極儀，玲瓏儀，立渾儀，月道儀，交食儀，懸正儀，座正儀，定時儀，以及仰規覆矩圖，日出入永短圖，異方渾蓋圖，測驗之器，由是益精。元

志有云；「當時四海測景之所，凡二十有七，東極高麗，西至滇池，南踰朱崖，北盡鐵勒，是亦古人之所未及爲者也，」志所載南海北極出地十五度，至北海北極出地六十五度，其間每隔十度推算一處，共列六處夏至景長及晝夜時刻，以爲標準，後載大都上都北京南京等地，凡二十一處北極出地度分，較唐宋爲詳。

有明一代，爲中西天學過渡之時期，古今曆法變革之關鍵。明史曆與天文二志，融貫古今，溝通中西，史志中之別開生面，而亦最重要者也。向之專習中法者，可由此而進窺西法之門徑，而今之專習西法者，亦可由此而上溯中法之源流。昔梅文鼎之學曆，以大統入手，今研究天文史者，可由明志開端也。明初延用授時，改號大統，遂譯回回，設科參用，議論紛紛，事同築室，建議改曆者，有李德芳鄭善夫諸人，專官修治者，有樂護華湘諸人，著書考訂者，有朱載堉邢雲路諸人，追後招致西士，傳譯西法，而國勢已危，頒行莫及。明代曆家，可分三派，如冷守中魏文魁等，墨守舊法者也，唐順之袁了凡等，依附回回者也，徐光啓李天經等，提倡西法者也。三派之外，如黑的兒鄭阿里等，回回派也，李瑪竇湯若望等，西洋派也。嘉靖間朱載堉進聖壽萬年曆及律曆融通二書。明志僅載其推步八篇，曆議八篇，

評論古曆之得失，抉發授時之疏密，語多核要，惜留中不發，僅得傳諭嘉獎而已。崇禎初，徐光啓督修曆法條議十事，始用本輪均輪以測月五星，多祿某之法也。後李天經繼其事，復條議二十六則，其七政公說之議凡七，恆星之議凡四，太陽之議凡四，太陰之議凡四，交食之議凡四，五緯之議凡三，大抵出諸湯若望之手，西法之大略，可以考見，當時譯著新法曆書凡一百三十餘卷，仍未能出多祿某之範圍，及第谷之學說。

明史天文志三卷：第一卷分十目：一曰兩儀，二曰七政，三曰恆星，四曰黃赤宿度，五曰黃赤宮度，六曰儀象，七曰極度晷影，八曰東西偏度，九曰中星，十曰分野，述當時之學理及實測也；二三兩卷，爲明代之天文實錄，分十三類，與前史大同小異。其兩儀篇，引西法九重天之說，即多祿某以地爲心之舊法；其七政篇，述地半徑之數，及七政高卑，皆第谷之實測。又言「土星有耳，木星有四小星，繞行甚速，金星有圓缺，如月之弦望，」係迦略利初創遠鏡時所測見；當時遠鏡力弱，故所見有限。其恆星篇，星分六等，即多祿某所創，載一百九星，皆有黃赤道經緯度，采自新法曆書，而擇其大者要者。其言「策星旁有客星，萬曆元年新出，先大今小，」即第谷發見之客星，初見時若木星，最明時若金星，十

數日漸晦小，十六月始不見，世稱第谷星者是也。又言：「雲漢爲無數小星，大陵鬼宿中積尸亦然，昴宿有三十六星，」皆迦氏之實測，迦氏原著云「嘗以遠鏡窺昴宿六星，四周半度之內，有四十餘星，爲肉眼所不能見，取其三十六星，作圖以狀之。」明史曆志李天經言，「與陳六韜等，用窺管測見積尸爲數十小星團聚，」又言「窺管圓徑寸許，兩星相距三十分內者，方得同見，觜宿三星，相距三十七分，則不能同見，」與迦氏言合。(註四) 其二十八宿黃赤道距度及十二宮黃赤道宿度，皆係崇禎元年所測；周天始用三百六十度。其儀象篇除元代舊器外，復造象限大儀，平懸渾儀，列宿經緯天球，萬國經緯地球，平面日晷，轉盤星晷等。又有候時鐘，望遠鏡，渾蓋儀，簡平儀等，種類甚多。徐光啓論定時之法，議儀晷表漏指南鍼五事，言「鍼非指正子午，曩云多偏丙午之間，以法定之，各地不同，在京師則偏東五度四十分；若憑以造晷，冬至正午先天一刻四十四分有奇，夏至正午先天五十一分有奇。」足證磁鍼偏度，已經相當實測。其極度晷影，有蒙氣差地半徑差之入算，其東西偏度，以京師子午線爲中，言「欲定東西偏度，必須兩地同時測一月食，較其時刻，」此測經度之舊法，而行之甚難。其分野篇，猶踵前史之舊。當時已用極度偏度，猶今之經緯度，足定其地之位置；而分對之說，仍不能

度，亦可見積習之難移。

明史譯載回回曆由元藏舊本而搜羅考訂者也。其序云「回回曆法，西域默狄納國王馬哈麻（今譯穆罕默德）所作，其地北極高二十四度半，經度偏西一百零七度，約在雲南之西八千餘里，其曆元用隋開皇己未，即其建國之年也。」曆法篇首云：「起西域阿喇必年，（原注又云隋開皇己未，）下至洪武甲子七百八十六年，」考諸西史西元六二一年，當武德四年，阿拉伯（即明譯阿喇必）教主穆罕默德，在麥加受暴民之攻擊，因於翌年遷居默狄納，遂建國焉。是為回回紀元元年，在西元六二二年七月十六日，阿拉伯史稱之曰逃避日，相當於唐武德五年壬午六月初三日，明史曆志誤以中曆推算，謂隋開皇己未，而不知回曆所用月分年，係純太陰年，又不置閏月，比諸中西曆，每三十二年約差一年，由洪武甲子上推七百八十六年，正合武德壬午，如以回曆之宮分年陽曆推之，差前二十三年，而為隋開皇己未，奈不合史實何。又案默狄納北緯與曆志合，惟經度約在今北平之西八十度，而曆志誤為一百零七度，據明史天文志言，雲南偏西十七度，則默狄納當在雲南之西六十三度，以當時二百五十里差一度計之，當為一萬二千六百里，而曆志誤為八千里。若以志所言一

百零七度計，則默狄納將在雲南之西九十度，相距更遠，與八千里之數，相差更巨。當時經度測量，固不如今日之密，然何至度里之數，自相矛盾，康熙乾隆間修史者，皆一時知名之士，所謂智者一失歟。

明末引用西法，其時哥白尼之學說尚未證實，刻白爾之定律尚未發明。崇禎所譯諸書，尚不出多祿某之範圍，至清乾隆間，西人蔣友仁譯坤輿全圖，由何國宗錢大昕爲之潤色文字，其圖說始引哥白尼刻白爾牛頓諸家之說，略見近代天學之一斑。至咸豐間，李善蘭偉力亞烈譯談天一書，中國始得見近代天學之全豹，談天係侯失勒約翰原著，名天文略，當時西洋奉爲圭臬，雖距今逾八十年，猶不失天學之範本。然李氏談天，幾成絕響，其後雖有譯著如天文揭要等書，皆未見詳備。十九世紀正西洋天學猛進之時，而中國反一落千丈，望塵莫及，欽天監之實錄，蕩然無存，回溯古人觀測之精勤，益見後人故步之自封矣，讀中國天文學史，不禁感慨係之。

(註一)續漢志四分曆序，宋書祖沖之曆辯，新唐書大衍曆議，宋史周琮曆論，元史授時曆議，明史曆法沿革，爲史志論曆之精華，研究中國天文史者不可不讀。

(註二)蘇頌新儀象法要三卷，爲重修渾儀而作，圖說詳明，今采入萬有文庫第二集，可參觀也。

(註三)武英殿本元史曆志載三國以來日食僅三十一事，元嘉以來月食僅二十二事，必有闕漏，且有錯簡謬事。

(註四)崇禎五年九月望月食，徐光啓言，近造窺筩月食用以仰觀二體離合之際，鄞鄂著明，與目測迥異，先是二年，光啓請造遠鏡三具。七年李天經又請自製遠鏡，言望遠鏡亦名窺筩，其制虛管層叠相套，使可伸縮，兩端俱用玻璃，隨所視物之遠近以爲長短，不但可以窺天象，且能攝取數里外物，在目前，可以望敵施炮，有大用焉。當時是否自造，以及所造若何，未見明文，觀其所用窺管圓徑寸許，殆亦當時歐洲市場之物耳。

二　西洋天文學史

西洋古代天學發源之地，起於埃及與巴比倫。古代史開卷第一章，莫不首先及之，今尼羅河畔金字塔，猶巍然在望，足見埃及古代之建築；而巴比倫古城在幼發拉底河畔者，徒存遺迹，僅供後人之憑弔而已，然天學之創作，數千年來，猶得至今沿用而不廢。猶太古國，地壤偏隘，處於巴比倫埃及之間，希伯來之文化，受兩國之影響而發達甚早，亦因兩國之侵爭而滅亡日促。迨希臘勃興，東佔幼發拉底河流域，南據尼羅河流域，囊括古代文化之地，盡得兩國天文圖籍。學校相繼設立，學者應時輩出，建天文算學之基，開自然科學之扃，多祿某天文集，爲古代天學惟一之鴻著，經一千五百年之傳習，古天文之紀載，散見於各家著述，其可以相質證者，賴有此書。羅馬之起，後於希臘僅二十三年，而五百年後，希臘衰落，羅馬正盛，國勢之強，莫與倫比，但安富尊榮，講求宮室之美，建築之精，學者好習詩歌文字，長於美術而短於科學，希臘之天算，非羅馬人所知。逅得沙漠中之阿拉伯人，在多祿某

後七百年，始傳譯其天文集，及各種算學書，天文之學，賴以不墜，復得中國之指南針，造紙法，印刷術，文化復興，隨回教勢力所及，而傳入西班牙，復徧傳於歐西。至哥侖布航海而得新大陸，墨瓦臈南渡而見大小寰，漸開近代天學之源，皆阿拉伯傳導之功，亦未始非中國指南針之力也。

（一）巴比倫

巴比倫埃及兩古國，見於西史者最早，孰先孰後，史學家考古家衆說紛紜，莫衷一是，或謂巴比倫最古之紀載，在西元前三八〇〇年，埃及最古之紀載，在西元前三四〇〇年，然各家推算埃及建國之初，甚至相差二千餘年，究屬荒遠難稽。今由多祿某天文集之紀載，及西元前七六三年之日食，以考訂兩國之紀年，始知西元前九百年以前，已難徵信，亦猶中國共和以前，（西元前八四三年）疑年莫考也。

米沙帕太尼亞者，幼發拉底與底格里斯兩河間之大平原也，北界山脈之地，南訖波斯灣，東至愛倫平原，西及阿拉伯沙漠，土壤肥沃，運河如織，麥產豐盛，一年兩熟。巴比倫古城在幼發拉底河之

東，距報達約七十英里，據大平原之主要地位。亞述古都在底格里斯河之西，巴比倫之東北，適成犄角之勢，其歷史可分為三部。

（1）巴比倫帝國　亦名第一巴比倫

最初蘇馬連人入主巴比倫，約在西元前三八〇〇年。

薩爾恭一世（阿卡人）統治巴比倫，建都報達，約在西元前二七五〇年。

哈漠拉比（亞摩利人）創立帝國，建都巴比倫，約在西元前二一〇〇年，首造楔形字，以五十五字為一組，並定法律，實為巴比倫開創之主。

（2）亞述帝國

古亞述帝國或謂自西元前三〇〇〇年始。

新亞述帝國自西元前一三〇〇至六〇六年。

薩爾恭二世稱帝在西元前八〇〇年。

西拏基立（薩爾恭二世之子）繼立，約在西元前七〇四年，在尼尼微建造大宮殿，正當武

力全盛時代，埃及爲其附庸，西元前六八九年，征服巴比倫，盡燬其城市。

阿色辦尼泊（西拏基立之孫）稱帝，約在西元前六六八至六二六年。

拏巴泊來撒統治，在西元前六二五年，至六〇五年，亞述革命。

（3）迦拉底帝國　亦名第二巴比倫

尼布甲尼撒（拏巴泊來撒之子）重建巴比倫，在西元前六〇四年，城高三百三十五英尺，厚八十五英尺，周圍五十六英里，至西元前五六一年爲文化發皇之時，在西元前五三八年爲波斯所滅。

上古崇奉神道，巴比倫有拜日拜星之風俗，僧侶之智識最高，權力最大，凡關於學術之事，盡屬諸僧侶之職。廟宇猶如圖書館，如博物院，如天文臺，當時深信日月星有管理人生之權威，以爲星即是神，神即是星。觀巴比倫五星之定名，顯然可見：如木星曰馬圖克（Mardok），巴比倫最尊之神；金星曰伊希泰（Ishtar），愛情神女之宮；火星曰納迦爾（Nergal），土星曰尼尼白（Ninib），水星曰尼巴（Nebo），皆城隍之神也。觀測星象之行運，應驗人事之吉凶，於是僧侶一變而爲占星家；因

人事之應驗，遂注意日月行星恆星之方位及相互之關係，測候其行道之變遷，發見其有定之次序，於是僧侶[illegible]錄。（註一）

因日循黃道，月與五星出入於黃道南北，故於黃道附近之恆星，觀測更爲注意。巴比倫分一年爲十二月，分黃道星象爲十二宮，於是每月見日行一宮，此在阿色辨尼泊之前，已經創立。如第八月名天蝎月，第十月名山羊月，第十二月名雙魚月，是其證也。巴比倫既以一年分十二月，復以一日分十二大時，此十二等分法，見於西史者爲最古。巴比倫又創六十等分法：以圓周分三百六十度，每度平分六十分，每分平分六十秒，每小時亦平分六十分，每分亦平分六十秒，流傳至今，沿用不廢。

後世考古家發見薩爾恭磚文七十方，皆記天文現象名曰神光，(Illumination of Bêl) 英國不列顛博物院，藏有一磚，係記極星之位置，彗星之發見，日月合朔之圖象，金火二星之行道。此磚倘完好，大約已經多次之翻刻。巴比倫磚文又有一至六十之平方數及立方數，頗如今之表式。又據各家之考證，巴比倫計時之法，確用日晷及水漏，惟晷漏之制，已不可考。

巴比倫用太陰曆，以新月生明爲月首，十二月爲一年，在哈謨拉比時已用閏月，曾通令地方長

官，宮告民衆，勿因曆之變更而賦稅藉端滯納。其閏月或置歲終十二月後，或置歲中六月後，亦有偶閏他月，且置閏淩亂，全無定法，最短者半年一閏，最長者六年一閏，希伯來及波斯相繼延用，卽今二十世紀科學昌明之世，猶太人尙保守此舊法也。

迦拉底最大之發明，爲日月五星之周期，其所測定五星環天一周回至原點之時，金星八年，水星四十六年，土星五十九年，火星七十九年，木星八十三年，其數皆不甚懸殊。依巴谷爲希臘天學之鼻祖，所測五星之周期，亦得諸迦拉底者也。迦拉底所測定之交食周，最爲著名，其名薩羅斯(Saros)週期之一循環，以二百二十三月爲一周，合今十八年又十一日，如其間有五閏年，則爲十八年又十日，於是同樣之日月食循環一周，其數密近。以今白朗牛考慕年月常數推之，約一千八百年而差一日，今猶用以約計日食之期，爰略釋其理於後。

二二三朔望月	六五八五・三二一一日
一九交食年	六五八五・七八〇六日
二四七交點月	六五八五・三五七二日

二二三九近點月　六五八五・五三七四日

案二二三朔望月與十九交食年相差不多，故一周之後，合朔時日月復同返黃白交點，因略等二四七交點月，於是日月地約在一直線上而日食復起。又因略等於二三九近點月，故月之距地，前後日食大略相同，月影投地之大小，前後相似，而起同樣之日食。由是循環相生，推求甚易，惟見食之地，前後不同，因一周之後，地球轉至六五八五又三分之一，故見食之地，約移西一二〇度，若三周之後，則日食所經之路，將繞地一周，而復返於同經度處，惟南北有移易，不能恰返原地耳。迦拉底創此周期，其功甚偉，後泰理士預推日食，停兩國之戰爭，著名於史，亦即據此推算也。（西元前六四〇年，巴比倫聖哲名毗羅蘇者，曾在夸斯島創設學校，泰理士或肄業於此。）

據勞林生之考據，在尼尼微發掘古城，得亞述磚文紀載日食者凡三，一為「閣城總督蒲沙爾周年曆（註二）第七月，亞述人反叛日食。」並在磚上畫一線，以表此事之重要，曾經琴齊愛蘭欣特諸家之研究，謂此次日食，在西元前七六三年六月十五日，食甚在上午九時四十七分，尼尼微恰在全食地帶之邊上，見之甚顯。二為西元前六六九年五月二十七日，亞述所見為偏食，若在遼東可見

環食。（春秋莊公二十五年，六月辛未朔日食，在長江流域，得見環食，與此相合，）三爲阿色辦尼泊朝之日食，大約在西元前六六一年七月二十七日，但未經確定。（註三）

據多祿某天文集，紀載巴比倫月食凡三，一爲西元前七二一年三月十九日，全食；二爲西元前七二〇年三月八日，偏食；三爲同年九月一日，亦係偏食。天文集有巴比倫帝王年表，由此日月食推之，其紀年之最古可據者，起於西元前九一一年，愈早則愈難徵信矣。（註四）

（註一）此篇根據密結爾巴比倫日食史，(S. A. Mitchell's Eclipses of the Sun, Eclipses of Babylon, pp 9-19, 1924 edition)

（註二）亞述民間每以地方長官之名紀年，而止及一年，故名周年曆，(Eponym Canon) 大約當時地方長官一年一任。

（註三）參觀歷代日食考春秋日食表。

（註四）本編所用西元爲耶穌紀元，所用日期爲儒略曆，始與後世相應而便推算。

（二）埃及

埃及地處尼羅河流域，四圍天氣清朗，實宜於天文之觀測；東鄰迦拉底，又得文化之交通。然埃及天文之紀載，流傳甚少，今惟偉大之金字塔，猶得完好存在，足覘古代之文化，其歷史昔通分爲五期：（註一）

（1）上古十朝（西元前三四〇〇至二一六〇年）；

（2）中古二朝，建都齊白斯；

（3）新興四朝（西元前一五八八至一一五〇年）第十七至二十朝，爲阿拉伯游牧之君；

（4）衰落六朝（西元前一一五〇至三二四年），西元前五二五年曾爲波斯征服；

（5）多祿某朝及羅馬朝（西元前三二四年至西元後三〇〇年），亞歷山大帝統治埃及，在西元前三三二年，時爲埃及第三十一朝。

歷朝帝王紀年，已不可考，因古史紀載，未有及一朝之末年者，史家所推，亦未可盡信。至參考巴比倫亞述紀年，不過在西元前九一一年，始見準確。若埃及第十九朝之開始，由各種古籍推考，約在

西元前一四九〇年至一三一五年之間，有一百七十五年之差異，茲爲研究天文史起見，自當以天文曆法之紀載考定之。

埃及首創十進法，猶今之小數法，其計數自一〇至一〇〇〇〇〇〇，所用符號，與羅馬數字相似；一日分爲兩節，每節十二時，以日出爲日之始；一年分十二月，每月三十日，於是一年僅有三百六十日。在第五朔，始知與季節不合，乃另加五日，以成三百六十五日，而此五日或加在歲首，或加在歲終，名之曰不幸日；故埃及史之紀載，不論大小事，未有在此五日之內者也。每年分三季，每季四月，每月分三旬，每旬十日。其分季之法，全藉農時，無關於日之行度，當尼羅河水漲之時，爲埃及曆歲首之期；幸而尼羅河之泛濫，每年有定，故埃及計歲之法，尚不致十分差誤。

埃及復觀測天狼與日同升之時，（七月十九日）以計歲長，名天狗周，（天狼埃及名天狗。）但埃及曆三百六十五日，將一百二十一年而差一月，一千四百六十一年而差一年，故埃及歲首，在曆面年年不同。至西元前百年間，希臘羅馬曆家，始覺其差，該撒儒略首先改曆，即以埃及曆略爲修正而已。亦爲後世格勒哥里曆之基礎，原爲每月三十一日與三十日大小相間，獨於二月少一日，逢

閏年加一日。而奧古斯督修正儒略曆，以其生月爲八月，而於二月又減一日，加入八月爲大，於是遂見參差不齊，近世議改曆者紛紛，仍有建議每月三十日，另以五日爲特別日，閏年則以六日爲特別日，是又不出埃及之古法矣。

埃及最大金字塔在門斐斯古都，爲古代七大建築之一，與中國之長城媲美。其建築工程，起於第四朝，至少經一百五十年而完成其事。塔底爲四方形，正對南北東西，當時若無工程知識，測量方法，恐不能如是之準確。塔中隧道傾斜，與地平成二十六度角，約等於門斐斯之緯度，其北端正對當時之北極星，即今名右樞，南端在冬至時正對昴星，此種隧道，當時或爲觀象而設，亦未可知。據司密司言，南端所以觀測恆星行星之過子午圈及日月之南中。據泊拉克托言若埃及人於南端蔽以黑幕而開一小孔，並足以觀日中黑子。（中國西漢時已發見日中黑子，西人所見，尙在一千六百年以後。）據白蘭斯德言，隧道之所以正對北極星者，因此星不沒，衆星所拱；當時埃及人深信故帝升天，變爲極星，常昭於世，永存不沒，以示紀念也。然則此隧道之建築，足以覘埃及天文之知識。（註二）

埃及觀測中星，創造一器，名滿開脫，（Merkhet）相傳世界測天之器，惟此最古。其制甚簡陋，

而其法甚巧妙，卽以棒上裝一中空蘆管，繫一懸重之線而已，當觀測時，執棒以窺管，候星至管中，可知其過子午圈，但星有高下，蘆管必隨之昇降，而懸重之線，能常保其垂直與地平恆爲九十度，於是管與地平之角度可計，而星之高度亦可知也。近時白蘭斯德發見埃及之滿開脫係烏木所製，長十英寸，闊一英寸，厚半英寸，每邊皆刻有「都恩愛孟帝手造」字樣，因發掘此帝古墓得之，確爲三千餘年前之古物，亦埃及天文史之新發明也

（註一）本篇根據密結爾所述埃及天文史，載在其所著日食論，(S. A. Mitchell's Eclipses of the Sun, Egyptian Astronomy, pp. 19-24) 埃及史之分期，根據享默林美國百科全書，(Hamlin's Encyclopedia Americana)

（註二）白蘭斯德著古埃及之宗教與思想，(Breasted's Relegion & Thought in Ancient Egypt) 泊拉克托古今天文學 (Proctor's Old & New Astronomy) 及海爾銀河之外 (Hale's Beyond the Milky Way) 言之甚詳。

（三）希臘

天文學至希臘而始與神學分離，漸入科學之途徑，而希臘天學至泰理士而始見端倪。泰氏爲

希臘第一哲學家，約在西元前六四〇年，生於米爾托城，首創與尼學校，開幾何學之風氣，當其壯年時，曾游埃及，得物理算學之知識，而埃及古代天學，亦由此傳入希臘。泰氏在門斐斯，由木桿之影，比測金字塔影而定其高，實寓比例之法，而開測量之源，回國後，即木桿以測日影而定節氣。據凱覺利算學史（註一）言：某夜泰氏步行觀星，正在研究星之方向及相與之位置，而未及留意於地下之物，致陷入溝渠旁，有老嫗譏笑之曰：「爾既不知足下之物，安能識頭上之星，」泰氏於天學無所創作，惟以預推日食著名。希羅多德史稱，來第安人與米狄人戰爭延五年，勝負互見，兵連禍結，至第六年，泰氏預知將有日食，乃宣言於衆，謂天心厭亂，必有日食以示警，及期兩軍鏖戰正酣，白晝忽變黑夜士兵恐懼，遂罷戰而言歸於好，並締結婚姻，以謀永久和平，此次日食，歷經古今學者之考訂，確定在西元前五八五年五月二十八日。據奧泊爾子日食圖表考之，希臘得見全食約在下午三時，與希羅多德史所言相符。泰氏何以能預知是年之日食，必係根據迦拉底之交食周，由西元前六〇三年五月十八日之日食推算而得，蓋兩次日食之期，相距正合一交食周也。

泰理士之門人派賽格拉斯，生於賽麻司城，約在西元前五六九年，初由埃及旅行至小亞細亞，

後乃定居於賽蘼司，創設學校，自成派賽格拉斯學派，首創地圓之說。謂地與日月五星皆爲球形，浮生於虛空，而無所根繫，地球居宇宙之中心，因月之圓缺由日光之返照，月體明暗之間，必成圓弧曲線，而證明月爲球形，遂推想其他星象亦爲球形。派氏又謂恆星皆附麗於玻璃球面，每日旋轉一周，其旋轉軸正過地球之心，日月五星自有軌道，各麗一球，距地之遠近有定，與音律相配，當各球旋轉之時，發生調和之音，非常人所得而聞焉，名之曰球音，(Music of the Spheres) 在刻白爾行星定律未明以前，相繼沿用約二千年。

斐洛拉者，派賽格拉斯學派也，後派氏約五十年，首創地動之說。謂地與日月五星皆旋繞於中央之火，地球自轉於其軸，使地面人類不能見中心之火。此種想像，與近世之地轉說，完全不同，雖哥白尼著作中，曾引斐洛拉說，不過借古人地轉之言，以免驚世而駭俗耳。惟派賽格拉斯學派中，在西元前五百年間，有希司他，希拉克力托，愛芬托二人，皆深信地轉之說，而愛芬托更明言之，或者謂地轉之說創自希司他。

派賽格拉斯學派後，希臘著名哲學家，首推柏拉圖，(約在西元前四二八至三四七年) 其學

校門首，有「不知幾何學，勿入我門」之標語，可想見其提倡幾何學之心矣。其論及天文，莫不根據幾何學之原理，謂日月五星恆星各旋轉於一輪，此八輪之心，同在一軸之上，而此軸正穿過地心。解釋各星運行之象，皆依圓運動之理，其測定各星距地之次第，最近者月，其次爲日，再次爲水金火木土五星，最遠者恆星。

後尤篤克斯者，克尼圖人也，在西元前四〇九至三五六年，更申柏拉圖之說，始由理想而入科學，爲天文學之一大進步。其說以恆星俱附麗於大球，每日旋轉於過地心之軸，行星各麗一球，而球心均在大球面上。其解釋各星運行之象，日月各有三球，五星各有四球，恆星祇有一球，凡二十七球，藉幾何圖形以便推算，非實有球體也。尤篤克斯解釋月行，所以用三球者：一爲月之每日旋轉運動；東升西沒，與全天星象並行；二爲每年或每月之運動，由黃道之反對方向而進行；三爲月出入於黃道之運動。尤氏明知月之運行，不在黃道而出入於黃道南北，並時時變更，故必用第三球以說明之；至日循黃道，微有出入，後世方測見，非希臘學者所知。尤氏亦用第三球以解釋日行，或係當時觀測之誤，或以爲日月相同，而不能歧視，故各用三球也。五星之所以多一球者，因解釋五星之逆行，及速

度之變遷，恆星祇用一球者，惟每日旋轉之運動耳，尤氏首創觀象臺於克尼圖，並定星座之法，爲依巴谷所宗。

後迦力波又從尤氏法而增加球數，日月各增二球，水金火三星各增一球，共爲三十四球，其增加之故，未詳其理。迦力波修正希臘曆，最爲著名，希臘曆亦如埃及之用陰曆，一年分十二月，六月大，六月小，大月三十日，小月二十九日，置閏無定法。自默冬創十九年章法，始見條理，當時所用歲實爲三百六十五日又四分日之一。默冬因十九年之日數，約等於二百三十五月，乃於十九年中置七閏月，後世名之曰默冬章，以西元前四三二年六月二十七日夏至爲元。迦力波始悟歲實之大，乃創七十六年蔀法，卽於默冬四章之後，減去一日，後世名之曰迦力波蔀，以西元前三三〇年夏至爲元，其數漸密，與中國古曆相似。

亞力士多德（西元前三八四至三二二年）在希臘天文史中佔重要之地位，亞歷山大帝亦出其門下，其以天爲球形，地爲球形，天空諸星皆爲球形，與其他哲學家之觀念相同。解釋諸星運行，又從尤迦兩氏法而增二十二球，總數爲五十六球，並以爲實質球體，而有相互之關係。其證月爲球

形，用派賚格拉斯之法，由月之圓缺測定之；惟證地圓之說，爲前人所未及。亞力士多德深明月食之起，爲地影所掩，當在偏食之時，見地影掩月之處，必成圓形，可知地爲球形，故其影必圓。又謂南行則向所不見之星，出於地平，北行則向所常見之星，入於地平，可知星之方向，隨人之地平而變遷，地平到處皆圓，故地必爲球形。亞氏見月掩火星，而悟月近星遠之理，說者謂埃及巴比倫已有月掩行星之觀測，未足爲亞氏之發明。亞氏不信地球繞日之說，以爲如果繞日而行，人在地面，所見星之方位，必有變遷，盖星之視差，近百年來，用密精之儀器，始得測見其移動，平常目力，不能覺察，宜亞氏當時據此以駁地轉之說，卽至十六世紀，羅馬教會尙宗亞氏學說，以撓阻迦利略之實測也。

亞力士多德以後，希臘天學之中心，遂集於亞歷山大里亞。其地本爲埃及古都，西元前三三二年，亞歷山大帝征服埃及，欲以功業耀天下，乃以已名名其地。迨多祿某朝第二帝，名斐爾台福者，提倡學術，創設學校，史稱亞歷山大第一校，復建立圖書館，博物院，天文臺，規模宏大，招致四方學者，研習天算，由是天學日見發達，算學隨之進步。歐几里之幾何學，阿泊洛尼之圓錐曲線，多祿某之三角法，相繼而起，五百年中，希臘天文家莫不出於亞歷山大里亞，雖天學鼻祖依巴谷，非其學派，亦曾至

其地而觀測也。

亞歷山大里亞早年學派中，如亞里大各，亞力斯的羅，蒂馬克力斯，皆西元前三世紀中之天文家也。亞里大各言日與恆星皆不動，日在恆星天球之中心，地球不僅自轉，並環行於繞日之軌道上，其說至爲簡明，實開哥白尼之先；惜當時希臘學者，未能深信，遂棄置而不顧也。亞里大各復候月在上下弦，半明半暗之時，則月對地之線，與月對日之線，相交成直角，日月地正在直角三角形之角點，於是測得日月之角距，而求兩邊距離之相比；其法雖合，而實測難得準確。蒂馬克力斯與亞力斯的羅測定恆星之位置，而在黃道諸星相與之方位，紀之尤詳，實爲最古之恆星錄；二氏觀測日月五星，各有紀錄，爲波巴谷多祿某推步之根據，其創始之功，自不可沒。（註二）

愛拉托遜爲實測地球之第一人，西元前二七五年生於雪倫。初在亞歷山大里亞從詩人迦力馬谷游，後與物理算學家阿幾密適友善，少於阿氏十一歲。愛拉托遜才高學博，著作等身，其關於天文學者，有歷代紀年編，恆星星座錄，黃赤距緯之實測，及地球測量法，享壽八十歲，因雙目失明，病困自盡，惜哉。愛氏觀測極星，在北方比在南方爲高，深明地爲球形，而思實測其大小。乃在亞歷山大里

亞，測得夏至正午日影最短；復南至雪尼，同樣觀測。連接兩地為南北線，即今所謂地球子午線，量得兩地之距離，合五千希臘尺(Statia)。又測得雪尼與亞歷山大里亞太陽距天頂之角，為七度十二分。愛氏以地為正球形，則此角合全周五十分之一，以五千希臘尺乘之，乃得全周二十五萬希臘尺。據屈來野之考證，一希臘尺等於五百十七英尺，則愛氏所測全周，當等於二萬四千五百英里，比諸今測，相差不多。愛氏在亞歷山大里亞用直桿測影，而在雪尼用一枯井，當夏至正午，井底不見日影，乃知太陽正在天頂。此井今在埃及愛沙恩，即古雪尼地也。愛氏所測黃赤距緯，為直角八十三分之二十二，即二十三度五十一分；由今推之，所差不過七分，已足證愛氏實測之密矣。(註三)

希臘天文學自派賽格拉斯學派起，始脫神學之範圍，而成哲學之理想；至亞力士多德而最盛。自亞歷山大里亞學派出，遂脫哲學之羈縻，而入科學之正途；至依巴谷而大備。依巴谷者，西洋天學之鼻祖，非亞歷山大里亞諸家所能企及，即十六世以前，亦莫與比倫；依氏原著，雖已散亡，幸有多祿某之天文集，搜羅至富，尚得賴以質證，至其個人之歷史，已不能考其詳，或謂其生於畢散那之尼開小村，或謂其生於地中海之龍潭小島；但依氏在島，自設觀象臺，可知其測候之功，大半在此。據天文

集所載依氏之實測，最早者在西元前一四六年，最晚者在西元前一二六年，可知其測候之時，必在此二十年間。或謂其曾游亞歷山大里亞，而在彼有所觀測者，亦未可知；蓋其地早成科學之中心圖書館之搜羅至富，觀象臺之規模較大，依氏研精天學，自亦樂以往觀者也。

依氏始悟日行有盈縮，創偏心圓之理，謂此圓之心，與地球並不同在一點，而略有所偏。乃由歷年之實測及古籍之紀載，推得春分至夏至凡九十四日，夏至至秋分凡九十二日半，而太陽每季所行角距，均為九十度；但春夏兩季比秋冬兩季為長，春季又比夏季為長，可知太陽在春季，其行最遲，距地最遠。依氏知日之運行，亦可由本輪均輪以推之，此法創自阿泊洛尼，設日行於本輪而本輪心又行於均輪，其所得結果相同，而不如偏心圓法之簡，故依氏捨而不用也。

月之行道，最為繁複，依氏測算甚密，始悟月行遲疾之理，測定月道與黃道相交為五度，交點退行於黃道，約十九年而一周，其考定各月之長，亦皆與今測相密近。以三百四十五年又八十二日，為朔望四千二百六十七周，遲疾四千五百七十三周，因得朔望月為二九・五三〇五八三日，近點月為二七・五五四五五六日。又用兩月食，擇其前後各率均齊之數，以定交點行天之周數，以五千四百

五十八朔望而交點行天五千九百二十三周，因得交點月爲二七·二一二二五日。依氏復依據亞力斯大谷法，在月食時測候月入地影，自初虧以至復圓，所經之時刻，而推得月徑爲三十三分十四秒又因亞里大谷比測日月之距地，其數甚疏，依氏亦在月食時，觀測地影之角距以比日月之視徑，而推得月之距地約爲五十九地半徑，與今測亦甚密近。

西元前一三四年，依氏見新星出天蝎座，乃作恆星錄，以備參考：凡一千有八十星，各具赤道經緯；並以星光之強弱，分爲六等。其所用星座，皆得諸尤篤克斯，後多祿某所定四十八座，亦根據於此，至今仍沿用也。依氏編輯恆星錄，乃得極大之發明，因比較蒂馬克力斯與亞力斯的羅之星表，發見角宿第一星，在一百五十年中，赤經增至兩度，平均每年增四十八秒。復考查其他諸星赤經均有增加，而赤緯不見移動，始悟春分點之西移，謂之歲差。春分點者，黃赤道之交點，恆星赤經起算之源也。恆星不移，相與之方位不變，而赤經漸增，足證春分點之西退，而歲差之有據。依氏所測每百年差一度，每年約差三十六秒，比諸今測每年五十秒餘，雖未密合，而創始之功，自不可沒。

依氏發明歲差之後，始分太陽年與恆星年。考古時測歲之法，原有二種：一用日晷以測定分至；

一測太陽偕恆星出沒之期。依氏發見第一法所得一歲之長，即太陽年，較第二法所得一歲之長，即恆星年，約少二十分二十三秒，一若春分循黃道向西漸移，欲前進以迎太陽者然，於是益見歲差之有據。依氏復考亞力斯他谷所定之分至，與當年已測相比，知西元前二八〇年之夏至，較西元前一三五年之夏至，約少五分；其所得太陽年之長，爲三百六十五日五時五十五分，恆星年之長比三百六十五日四分日之一，約增十分，與今測極爲密近。

古法以黃道南北八度之間，爲日月五星所經之處，名曰黃道帶，分十二宮，每宮三十度，各有符號，其源出於巴比倫埃及，除天平座外，皆以動物之名名之，故又名動物圈。即寶瓶本屬舊譯，在西圖原爲手持水瓶之人，其符號爲埃及水字。其他或爲象形，或爲希臘原文第一字母，大抵以本宮之星座命名；但因春分點西退之故，昔日之星座，今已移居他宮，故今日之宮名，祇爲宮之標識而已。依氏當年以白羊第一星（婁二）爲春分星，與漢志春分日在婁相合；今春分退行約三十度，在雙魚而不在白羊，然近時年曆仍以白羊爲春分者，所以代表交宮之節氣耳。希臘古俗，在春分後第一望月，爲白羊勝節，民間選擇純白之羊，冠以鮮花，游行於市，舉國若狂，波斯亦盛行之，猶中國舊俗春牛

祝歲之意；亦足見依氏測定春分之後，歷代奉爲標準也。

依氏實測黃赤距緯，謂與前人所測無大變更；蓋黃赤距緯每年約縮半秒，自愛拉托遜以來，不過百餘年，所差不及一分，非精密之器，不能測見也。推交食莫難於日食，前人皆推月食，至依氏始推日食，嘗謂迦拉底周期，猶未能密合，蓋二二三朔望月，與二四二交點月，尙有微差。又以日月之行度，各有不齊，預推時期，亦有出入也。依氏又創三角法，爲推步之根據，應用至鉅，實足挈算學之領，啓天學之局者也。依氏推考古測，自創新法，殫精覃思，不遺餘力，爲前人所未及，後世所師法，其有功於天學者，豈淺鮮哉。

依巴谷後三百年中，希臘天學，闃焉中止；其間雖有一二學者，並無重要之創作，如泊錫圖尼承愛拉托遜之法而實測地圓，所得圓周十八萬希臘尺，不如愛氏之密。西元初柏林尼解釋地圓，有去船先不見船身，後不見船檣之說，此二人者，已爲三百年中之佼佼矣。直至西元後第二世紀中葉，希臘最後天文家多祿某出，而天學復興。

多祿某世居亞歷山大里亞，說者謂皇室後裔，因其名相同也。其生卒年月，已不可考，其著作中

所載天文觀測，最早者在西元後一二七年，最後者在一五一年，可知爲第二世紀中葉以前之人。生平著作甚多，天文以外，有光學算學地理等書，而最著名者當爲天文集，其原本 μεγάλη σύνταξις，有集其大成之意，早已失傳，今所傳者爲阿拉伯譯本 Almagest 係八一三年亞爾邁蒙時所譯，易爲最大之意，其爲有意尊稱，抑無意誤譯，不得而知。多祿某天文集，大半采自依巴谷之作，在十六世紀以前，西洋各國奉爲圭臬，幾成爲中古時代天學之聖經，中國明末引用西法，亦不出是書之範圍，崇禎新法曆書，曾譯載大綱，足見天文集之影響於天學者至大且廣。

天文集凡十三卷，第一卷總論天球之旋轉，地球之渾圓，及日月五星之運行，恆星出沒之時刻，卷末論球面三角法以測天，並推算弦線表，猶今正弦之二倍，自〇度至一八〇度，每間半度列一數，與今三角函數表相似，依氏首創三角法，至多氏而大備，故後之述算學史者，恆以多氏爲三角法之師宗也。其論天球渾圓，終日旋轉，地居其中而不動，以恆星之遠距視之，實同一點，故地爲天球之心，其論地靜之說，謂諸星運行，若非星動，必爲地轉，但星如火，體輕易轉，地是土質，重難動，如果地轉，地面之人，何以不覺，且地面之物，必將拋入空中，前人地轉之說，至此遂能直追一千四百年後而始復

明也。其論地圓之證，有五說：（一）海上之船，遠者僅見船檣，近者得見船帆，最近始見船身；（二）北斗七星，在北方所見，則終年常在地平之上，南方所見，則有時沒入地平之下；（三）日之出沒，各地不同時，若地爲大平原，將無分早晚，（四）同一月食，東方人先見，西方人後見，東方日落早，西方日落晚；（五）人在高處，所見地平大，愈高則所見地平愈大，而地平恆爲圓形。凡此諸說，大半爲前人所已見及，惟亞力士多德月食地影恆圓之證，不知多氏何以未采。

第二卷論各地帶晝夜長短之異，在赤道者晝夜相等，距赤道愈遠愈不等，兩至圈下，每歲一次無影，而兩極下，每歲爲一晝夜。第三卷論日行，及各年之長。第四卷論月行，及各月之長，皆爲依巴谷之說。惟多氏實測月行遲疾，其不平行之故，另有一種新發明，今名月之出差，蓋月行遲疾，不僅關於距地之遠近，且有關於距日之遠近。多氏校驗依氏之舊測，其遲疾率在朔望時甚合，而在上下弦時則所差甚顯，因依氏所測，重在交食，故必在朔望，多氏之校驗，則在任何時測算，故得此發見也。

第五卷論天文儀器，及月之視差，其主要之器，名星盤，構造極簡單，用一圓盤，四周刻有度數，中心設一指針，可以旋轉於圓周之上，觀測時祇能移動指針，不能移動其盤。譬如測二星之角距，手持

星盤，置目於盤之中心，使人目與二星常在同一平面之內，先以指針向此星，讀盤上度數，再以指針向彼星，復讀盤上度數，以兩次所得度數相減，即二星之角距。多氏用視差法測得月之距離爲五十九地半徑，與依氏同，此法至今沿用也。多氏復用依氏月食法，由月之距離以推日之距離，而得一千二百十地半徑，與依氏所測相差甚微，即與後世所測，亦不甚懸殊也。

第六卷論交食，即依氏法，第七八卷論歲差及恆星表，後論銀河起沒，詳銀河中大星所在，及衆星拱向之勢，其恆星表凡一千二十八星，內有三星重出，實一千有二十五星，皆與依氏表相同。各星經緯度，似用依氏歲差，每年三十六秒，推後三百年，欲求合於當時，而不知依氏歲差之數，猶未密合，致各星經緯，仍不能與多氏當年相符。且龍潭島在地中海之北，亞歷山大里亞在地中海之南，多氏可見南天之星，爲依氏所不能見者，亦無一增入，足證多氏恆星表，全襲依氏，而未經實測，亦猶漢書天文志恆星一部，全錄史記天官書，述而不作，未可視爲剽竊也。多氏又承依氏法，分星座四十八，在北天者凡二十一座，在黃道者凡十二座，在南天者凡十五座，至今沿用。（註四）

第九至第十三卷，俱論五星行道，爲多氏之傑作，多氏以地居宇宙之中心，日月五星皆繞之而

行，惟五星有順逆留守之現象，由地望之，其行繁複，乃創本輪均輪之法，謂五星各行於本輪，本輪之心，環行於均輪；均輪之心爲地球。地球地周圍月水金日火木土，依次環列，最遠者爲恆星，後世稱爲多祿某行星系，沿用至一千四百餘年。多氏之法，解釋行星之視行，在古代天文學中最爲簡潔，即哥白尼首創行星繞日法，實祗以日地互易之，而次序不變也。

多氏光學，始悟折光之理，光線經空氣而曲折，能升卑爲高，映小爲大，故星之視高，恆大於眞高，日月在地平，恆大於在天頂，謂之蒙氣差，亦多氏之重要發明也。綜觀多氏之作，集各家之大成，爲後世之模範，其功甚偉，然多氏以後，至亞歷山大里亞覆亡之時，（西元六四〇年爲阿拉伯所滅）其間五百年，繼起無人，（西翁及海畢梯，雖略有著作，皆無足稱述，）希臘天文史亦遂從此告終矣。

（註一）參觀凱覺利算學論，希臘幾何學篇。(Cajori's History of Mathematics)

（註二）疇人傳引新法算書云，亞里大各於周顯王二十五年，測得黃赤大距爲二十三度五十一分二十秒，案顯王二十五年，爲西元前三四四年，尙在亞歷山大帝征服埃及以前。

（註三）雪尼枯井攝影，載在斐力浦天文大觀，可參觀也。(Philips's Splendour of the Heavens)

（註四）依巴谷創星座，多祿某重修之，至第谷始增二座，至十八世紀末增至一〇九座，漸形繁複。一九二二年國際天學

會決定八十八座已足包括全天星象，惟界線屈曲未能適改，茲將各家創作星座前後之時列表於後，以備參考。

多祿某	(Ptolemy)	四八座	一四〇年
第谷	(Tyche Brahe)	二座	一六〇一年
班野	(Bayer)	一二座	一六〇三年
勞愛	(Royer)	五座	一六七九年
哈雷	(Halley)	一座	一六九〇年
希維利	(Hevelius)	一一座	一六九〇年
佛蘭斯德	(Flamsteed)	二座	一七二五年
拉該	(La Caille)	一四座	一七五二年
希爾	(Hell)	一座	一七七〇年
來蒙逆	(Le Monner)	二座	一七七六年
拉倫德	(Lalande)	一座	一七七六年
派克查白	(Poczobut)	一座	一七七七年
波德	(Pode)	九座	一八〇〇年

（四）羅馬

羅馬享國一千二百餘年，（西元前七五三年至西元後四七六年，）執地中海之牛耳，國勢稱盛，拉丁文化之發皇，基督宗教之勃興，皆足爲羅馬史之光榮，而於天文史上，無足稱述，惟近代通行之曆法，發源於羅馬，是亦不可以不紀。羅馬在改曆以前，曆法淩亂，無從考核，迨西元前六三年，教王該撒儒略始悟其非，招致希臘曆家鎖西日尼，議訂太陽曆，創四年一閏法，今稱之曰儒略曆，今以西元前四五年一月一日爲始，改用新曆，係冬至後第一合朔，將舊年延長爲四百四十五日，故史稱是年爲亂年，未及行而儒略卒。教徒不明其理，以當年適逢閏年，至第四年又爲閏年，誤爲三年一閏，經三十六年，應閏九日，而誤閏十二日，後教王奧古斯督始知其誤，乃下令國中，十二年內不得置閏，以求合儒略之原意。惟教王生於八月，遂改名曰奧古斯督月，復將二月縮減一日，移入八月爲大，凡三十一日，今稱之曰重修儒略曆，如是行一千五百餘年，未嘗稍改。至一五八二年，羅馬教王格勒哥里十三世，始悟儒略曆之疏闊，承四年一閏法，而四百年減三閏以平之，其法漸密，至今依用，名格勒哥

里曆。當時天主教奉行新曆，耶穌教仍沿舊曆，西班牙意大利法蘭西諸國，卽於是年改用新曆，以舊曆十月五日爲十五日，足見舊曆已差十日，其他各國，逐漸改行。英國於一七五二年始改，以舊曆九月三日爲新曆十四日，當時國內大亂，因人民失去十一日，商業捐稅，各受影響，致紊亂不可收拾，至今英國內地，猶有沿用舊曆者，以十二月二十五日爲新耶誕日，而以一月六日爲舊耶誕日，亦可見習俗之難移。蘇俄於一九一七年改用新曆，已差十三日；我國於民元改用此曆，陰曆元旦，相當於新曆二月十八日，陰陽曆對照，並無縮改日期之患，亦可見中曆之未嘗不善，所以改用西曆者，徒以世界交通發達，往來日繁，各國公用一曆，得免參差而已。茲將各國改曆之年，列表於後：格勒哥里改曆在十六世紀末葉，已入新天文史範圍，因出於意大利羅馬教廷，故提前論之，以明源流。

一五八二年	意大利法蘭西西班牙葡萄牙波蘭	一七〇〇年	日爾曼及荷蘭奉耶穌教諸邦丹麥
一五八三年	日爾曼及荷蘭奉天主教諸邦	一七五二年	不列顛諸領地
一五八七年	匈加利	一七五三年	瑞典
一五八四年至一八一二年	瑞士（逐漸改用）	一八七三年	日本

一九一二年	中國	一九一九年	南斯拉夫羅馬尼亞
一九一五年	布加利亞	一九二三年	希臘

近年以現行之曆，殊多缺點，亟思改革，以求整齊劃一，而便於習俗。參加者有三十餘國，擬議者有三百餘種，但亦未能盡善，蓋地球環日一周爲一歲，自轉一周爲一日，至歲終一日，地球未及自轉至一周，致有奇零小數，此天然之不齊，非人力所能挽。又因三六五與三六六，皆非十二所能平分，故保存一歲十二月，及星期七日之制，而使每月日數與星期次序，劃一易記，實屬難能之事，（註一）。茲以新舊各曆，應用甚廣，爰略釋其理於下，以備參考：

（1）儒略曆　四年一閏，

儒略曆四年凡一四六一日，

今四太陽年凡一四六〇·六八七六日，

四年之差爲〇·三一二四日，一年之差爲〇·〇七八一日，

約一百二十八年而差一日弱；

（2）格勒哥里曆　四百年九十七閏，

格曆四百年凡一四六〇九七日，

四百太陽年凡一四六〇九六・八八日，

四百年之差爲〇・一二日，一年之差爲〇・〇〇〇三日，

約三千三百三十三年而差一日。

其閏例云，年數以四除盡無餘者爲閏年，如一九一二年一九三六年等是。

世紀年須以四百除盡無餘者爲閏年，如一六〇〇年二〇〇〇年等是，若一七〇〇年一八〇〇年一九〇〇年等則非閏年。

（3）星期　星期七日一周，實始於巴比倫，以第七日爲休息日，後基督教會沿用之，遂以星期日爲禮拜之期。推算星期之法有十餘種，（註二）但皆適用於一曆，今仿高士推復活節法，略爲變更，尚稱簡便，並可適用於新舊二曆：

（1）以四及七除世紀數，所得兩餘數，名曰第一餘數，及第二餘數；

（2）以七除年數，所得兩餘數，名曰第三餘數，及第四餘數；

（3）以第一餘數之五倍，與第二餘數相加，名曰常數；

（4）以第（3）項之常數第三餘數之五倍，第四餘數之三倍，是月之日數，是月之定數，五項相加，名曰和數；

各月之定數表

一月	6（平年） 5（閏年）	二月	2（平年） 1（閏年）	三月	2	四月	5
五月	0	六月	3	七月	5	八月	1
九月	4	十月	6	十一月	2	十月	4

（5）以七除第（4）項之和數，所得餘數，即爲星期第幾日，如一爲星期一，二爲星期二，依次類推。

例如求一九二八年五月三十日，爲星期第幾日：

（1）四除一九得第一餘數爲三，及七除一九得第二餘數爲五。

（2）四除一九二八得第三餘數爲〇，七除一九二八得第四餘數爲三；

（3）第一餘數之五倍爲一五，加第二餘數五，得常數爲二〇；

（4）常數二〇，第三餘數之五倍爲〇，第四餘數之三倍爲九，是月之日數爲三〇，五月之定數爲〇，五項相加，得五九；

（5）七除五九，餘三，即星期三。

上述之法，適用格曆，如删去第一第二餘數，而以常數爲〇，卽適用於儒略曆。

（4）宗教曆　宗教曆者，專推耶穌復活節之法也。起源於猶太，後基督教沿用之，卽以爲耶穌復活節，其初規定日期，東方諸國根據希臘法，與羅馬法不同，爭執甚烈，至西元三二五年，奈斯宗教大會，始決議用羅馬法，依教令復活節爲春分後過月圓之第一星期日。宗教之月圓日，是新月後第十四日，復活節至遲不得過四月二十一日，（希臘法至遲不得過四月二十五日）至今仍照此規定推算。爰以高士法，避去古代術語，删其繁複，述其大旨，以便應用：

（1）以四及七除世紀數，名其餘數曰第一第二餘數；

(2)以四及七除年數，名其餘數曰第三第四餘數；

(3)以一九除年數，名其餘數曰第五餘數；

(4)第一餘數之五倍加第二餘數，名其和數曰常數；

(5)世紀數之八倍，加十三，以二十五除之，名其餘數曰第六餘數；

(6)自世紀數減第一餘數，以四除之，名曰第一商數；

(7)世紀數之八倍，加十三，自此和數減去第六餘數，以二十五除之，名曰第二商數；

(8)世紀數加十五，自此減去第一第二商數之和、名曰第三商數；

(9)第三商數加第五餘數之十九倍，以三十除之，名其餘數曰第七餘數；

(10)第三餘數之五倍，加第四餘數之三倍，加常數，加二，加第七餘數，以七除其和，名其餘數曰第八餘數；

(11)自第七餘數減第八餘數，加二十八，所得卽爲三月中復活節，若此數大於三十一，則復活節當在四月，惟四月中復活節日，可自第七餘數減第八餘數，再減三，卽得。

上法適用於格曆，若用儒略曆，則以常數爲〇，第三商數恆爲十五。惟格曆亦有例外二則：

（1）依規則計算復活節如在四月二十六日，須提前一星期，以十九日代之；

（2）以第三商數之十一倍加十一，而以三十除之；若餘數小於十九，同時第七餘數爲二十八，而第八餘數爲〇，則四月二十五日爲復活節，但爲教令所限，當提前一星期，以十八日代之。

例如求一九一三年之復活節：

（1）第一餘數三，第二餘數五；

（2）第三餘數一，第四餘數二，

（3）第五餘數一三；

（4）常數二〇；

（5）第六餘數一五；

（6）第一商數四；

（7）第二商數六；

（8）第三商數二四；

（9）第七餘數一；

（10）第八餘數六；

（11）復活節為三月二十三日（一減六加二八）。

（註一）高夢旦十三月新曆，可參觀也。

（註二）參觀商務印書館日用百科全書采有多種。

（五）印度

印度為文明古國之一，當佛教未興以前，婆羅門教最為尊貴，社會階級制度，分劃綦嚴。自釋迦首創佛教，提倡平等，全國崇奉，一掃婆羅門之專制。其與中國交通，當在秦漢之際。史記譯名，謂之身毒。言其地卑下濕熱，其民乘象而戰。張騫鑿通西域，至大夏，見蜀布邛竹杖，詢諸彼邦人士，謂自身毒購來。足證中國之物質文明，早已傳入印度，而中國之文化，自亦隨之以俱入。觀印度古代天文曆法，

頗有與中國相似者，益足徵信。又在戰國之時，亞歷山大帝東征印度，希臘文化，亦藉以傳入。觀印度古代天文曆法，亦頗有與希臘相似者，是亦一證也。追唐初，印度戒日王統一全國，提倡文學藝術，重興佛教，爲印度全盛時代。通使中國，以求中原文化。由是玄奘入印度，宣我聲教，采彼佛經。開元初瞿曇悉達譯天竺九執曆，而印度曆法得以考見。當時回教初興，招集四方學者，有印度人挾天文書以入阿拉伯，猶在迻譯希臘書籍之前。惜其書不傳，其人無聞，無從考稽，徒成歷史上之傳述而已。

天竺九執曆，或簡稱之曰梵曆，以唐開元二年二月朔爲曆首（西曆七一四年二月十九日）。度法六十，周天三百六十度，月有二十九日又七百三分日之三百七十三，二月爲時，六時爲歲，三十度爲相，十二相而周天，望前曰白博義，望後曰黑博義，此載在唐書曆志。當時曆家以爲出諸異域，名數詭異，不可爲法，故唐志僅紀寥寥數語。獨瞿曇悉達開元占經，詳載其法，而題其名曰算法。譯語晦祕，詰屈難讀，且並無一言及於推算之法。昔金山顧觀光據開元占經以撰九執曆解，近人常福元復據英人著述（佛利特著印度曆法 Fleet's Hindu Chronology）而撰九執曆補，皆能探本窮原，鉤深致遠；而印度之古今曆法，亦得以窺其大概，（九執曆補載在民國十四年天文學會會報，宜參

觀也。）

九執曆雖譯於唐之開元，實爲印度之古曆，十二相猶西法之十二宮，中法之十二次。其曆云：「春分爲羖首，秋分爲秤首，」羖首卽西法之白羊第一點，秤首卽西法之天平第一點。案春分在白羊，秋分在天平，約去今二千餘年。希臘依巴谷爲西洋天學之鼻祖，測定白羊（β Ari 婁二）爲春分星，在西元前一三四年，與漢志春分日在婁，不謀而合。今春分退行約三十度，在雙魚而不在白羊；然近時年曆，仍有以白羊爲春分者，所以代表交宮之氣節耳。可見九執曆以羖首爲春分，已得諸希臘天文學，至遠不得過漢以前。

印度古代卽用陰陽合曆。有太陽年與太陽月，皆以日躔測定之。太陰年與太陰月，皆以月離測定之。又欲使太陽年與太陰年之歲首相近，不得不用閏法。故摩登伽經中，有十九年七閏之法，此得諸中國之古曆也。印度計日之法，以日出爲始。自今日日出至明日日出爲一日，每日分爲六十格（ghari），每格分爲六十派（pal），每派分爲六十微（vipal），唐志云：「度法六十」者，卽指此日分也。如以西法一日二十四時比較之，則印度五格等於西法二時，五派等於二分，五微等於二秒。

印度之太陽年與西法之恆星年相似，今所公認之歲實有三種：

（一）三六五日一五格三一派三一·四微，即三六五日六時一二分三六·五六秒，約在西元前一〇〇〇年所定，今印度大部分地方依用之；

（二）三六五日一五格三一派一五微，即三六五日六時一二分三〇秒，係西元四七六年所定，今麥德拉斯州及錫蘭島多用之；

（三）三六五日一五格三一派一七·二八七五微，即三六五日六時一二分三〇·九一五秒，係西元五九八年所定，今孟買州及西北各部多用之。

以上三種歲實，相差甚微；而以第一種爲最古，約等於三六五·二五八七五六四八一日。與今牛考慕所定恆星年常數三六五·二五六三六〇四二日，相差約〇·〇〇二四日，將四百餘年而差一日。其數猶未密也。

印度之太陽月，與中西法均不同，以太陽視行，經過一相三十度，爲一太陽月，十二月經十二相而一周天，爲一太陽年；惟地球繞日之軌道爲橢圓，太陽之距離有遠近，太陽之視行有盈縮，故太陽

經過各相之時，遲疾不等，而各月之日數，亦因之多少不同。在印度第九月，約等於西曆十二月之下半，卽冬至相近時，太陽距地最近，視行爲盈，經過一相約二十九日，故一月祇有二十九日。在印度第三月，約等於西曆六月之下半，卽夏至相近時，太陽距地最遠，視行爲縮，經過一相約三十二日，故一月有三十二日。如此支配一月之日，自二十九日至三十二日，而一年合三百六十五日有餘，可不用閏日，但不便於社會之應用，故又有所謂政治太陽年者。然歲首不同，各地無統一之法，此印度所以無通行全國之曆法也，不亦奇哉。

太陽年計分六季，當太陽在婁首以前後二相爲一季，以後每行二相爲一季，故唐志云：「二月爲時，六時爲歲，」卽二相爲季，六季成歲也。其排列法，以上年十二月與本年一月爲春季，二三月爲暑季，四五月爲雨季，六七月爲秋季，八九月爲寒季，十十一月爲露季。其歲首約起於西曆四月二十日，故各季之月日可推。印度古代節季，亦猶中國之起自冬至，而以露季爲始。其春季約起於儒略曆二月十九日或二十日，故唐志云：「開元二年二月朔爲曆首，」卽儒略曆七一四年二月十九日，惟印度曆法不計歲差，是一大缺點，至近世春季已退至三月十二日。

印度之大陰年與中國古曆實用之年相同，有時爲十二月，有時爲十三月。摩登經雖有十九年七閏之法，而置閏與中國不同。中國以無中氣之月爲閏月，而印度以太陰月中，太陽未過相爲閏月。若一月中太陽二次過相，則以第一相名月，而不能再以第二相命名，謂之消月。因有消月，而印度之閏月，遂較中國爲多。

太陰月猶中法之朔望月。中國以月朔至月朔爲一月，印度以月望至月望爲一月，其理相同。印度在月望時，太陰合於某宿，卽以某宿名其月；惟十二太陰月，與一太陽年，相差十一時餘；則今年某月之望，太陰在某宿，明年同月之望，必不能復合於原宿。故太陽月與十二相相應，而太陰月不能一致也。其所測定太陰月之日數，爲二九·五三〇五八二日，故唐志云：「月有二十九日又七百三分日之三百七十三」是也。

九執曆以地平經緯，隨地方而變遷，曰「隨方眂」，以黃道周天，分各段而計時，曰「斷節著」，望前曰白博義，望後曰黑博義，譯名奇奧，立法不同。悉達又過神其說，曰「九執曆法，梵天所造，五通仙人，承習傳授」，卒使唐人莫得其解，遂視爲名數詭異，而不加細察，致隱沒於古經，無人能識其微

妙矣。

印度太陰月，以二十八宿爲背景，其源出自中國。印度初有二十七宿，繼有二十八宿，欲容納於十二相，故每相有二宿或三宿之分，此與淮南天文訓所謂「二八十六三四十二」者，同出一源，即含有二宿者凡八相，故曰二八十六。含有三宿者凡四相，故曰三四十二。總凡十二相二十八宿。印度之二十八宿，源出中國，新城新藏論之最詳，（參觀東洋天文學史之研究。）大旨謂二十八宿傳入印度以前，有停頓於北緯四十三度地方之形跡，中國二十八宿起於角，印度二十八宿起於昴，而以大角織女河鼓瓠瓜代亢牛女虛諸宿。其分配於四陸者，與中國不同，遂斷定春秋中葉以後，由中國傳出，經中央亞細亞而至印度，更傳入波斯阿拉伯。足證印度古代天學，先得諸中國，後又受希臘之潤飾者也。

今印度仍用梵曆，回教徒仍用回曆（參觀下章阿拉伯天文史，）與現行格曆之關係，極爲重要（參觀前章羅馬天文史，）爲讀史者所當研究。爰定諸曆換算之法，以便考求。

（一）求梵曆星期　梵曆回曆均用星期，與耶曆同。欲求梵曆星期，以梵曆年月日之積日，檢

下列第（1）第（3）兩表而得總積日，不計小數，以七除之，所得餘數，卽爲星期第幾日。如求回曆星期，則檢第（2）第（4）兩表，得總積日，其法相同。

例如求梵曆一九五九年六月二十四日爲星期第幾日。

法以題日期列下

	24日
檢表六月之積日	167·728150
一〇〇〇年積日	365258·756481
九〇〇年積日	328732·880833
五〇〇年積日	18262·257824
九年積日	3287·328808
得總積日	715733·632097

以七除之得餘數4卽星期四。

（二）梵曆與格曆換算法　先求得梵曆之總積日，不計小數，如前法；惟梵曆紀元在格曆之前五十七年，應減去積日二〇八二〇日，然後逐步推算如下（由格曆求梵曆。祇須反其次序。）

（1）以格曆四百年積日一六〇九七，除前述差數，得第一商數。

(2)以格曆一百年之積日三六五二四，除(1)之餘數，得第二商數。

(3)以格曆四年之積日一四六一，除(2)之餘數，得第三商數。

(4)以格曆一年之積日三六五，除(3)之餘數，得第四商數。

(5)最後所得餘數，自格曆三月一日算起，查第(5)表，即得某月某日。

(6)以四百乘第一商數，一百乘第二商數，四乘第三商數，及第四商數相加，即得格曆年數。

例如前題，由梵曆求格曆：

法以總積日　　715733
　　　　　　−20820

除數	被除數	商	
146097	694913	4	第一商
36524	110525	3	第二商
1461	953	0	第三商
365	953	2	第四商
	223		
十月	214		1600+300+0+2=1902
	9 日		

由是得格曆一九〇二年十月九日。

（三）梵曆與回曆換算法　其法相似。因回曆紀元，又後於格曆二二六九六六日，應如前法。所得差數內減去此積日，而後以回曆一太陰年積日除之，所得爲回曆年數，餘爲日數，可由第（2）表求之（由回曆求梵曆，祇須反其次序。）

例如前題由梵曆求回曆。

694913
226966
―――――
354·367056）467047（1320，餘數 182·49

由是檢表得回曆一三二〇年七月六日。

（1）梵曆太陽月積日表

一月	一一·二三三九八三
二月	四二·一六九〇六一
三月	七三·五八九五七八

（2）回曆太陰月積日表

一月	·一三二九四四
二月	二九·六六三五三二
三月	五九·一九四一二〇

月	積日
四月	一〇五・二三四二六一
五月	一三六・七〇九五三八
六月	一六七・七二八一五〇
七月	一九八・一六九五三八
八月	二二八・〇六二八七二
九月	二五七・五五三一五〇
十月	二八六・八七〇九二七
十一月	三一六・三一八九八三
十二月	三四六・一三九二六一

（3）梵曆太陽年積日表

年	積日
一年	三六五・二五八七五六四八一
二年	七三〇・五一七五一二九六二
三年	一〇九五・七七六二六九四四四
四年	一四〇一・〇三五〇二五九二五

月	積日
四月	八八・七二四七〇八
五月	一一八・二五五二九六
六月	一四七・七八五八八四
七月	一七七・三一六四七二
八月	二〇六・八四七〇六〇
九月	二三六・三七七六四八
十月	二六五・九〇八二三六
十一月	二九五・四三八八二九
十二月	三二四・九六九四一二

（4）回曆太陰年積日表

年	積日
一年	三五四・三六七〇五六
二年	七〇八・七三四一一二
三年	一〇六三・一〇一一六八
四年	一四一七・四六八二二四

五年	一八二六・二九三七八二四〇七	五年	一七七一・八三五二八〇
六年	二一九一・五五二五三八八八	六年	二一二六・二〇二三六
七年	二五五六・八一一二九五三七〇	七年	二四八〇・八六九三九二
八年	二九二二・〇七〇〇五八五五	八年	二八三四・九三六四四八
九年	三二八七・三二八八〇八三三三	九年	三一八九・三〇三五〇四

（5）格曆逐月積日表（自三月一日起算）

月	積日
三月	〇
四月	三一
五月	六一
六月	九二
七月	一二二
八月	一五三
九月	一八四
十月	二一四
十一月	二四五
十二月	二七五
一月	三〇六
二月	三三七

（六）阿拉伯

案希臘自泰理士至多祿某，約七百餘年，正當春秋至漢末，中西天學，各有顯著之進步。晉以後中國南北橫決，羅馬東西縱裂，天下擾攘，如出一轍。然而中國曆家蠭起，不受政治之影響，天學依然邁進，羅馬科學歇絕，祇有曆法之改革，其他闃焉無聞。隋唐以來，正中國天學勃興之時，而歐西草昧

未開，野人爭逐，猶在混沌黑暗之中，更無天學之可言。獨有紅海之旁，沙漠之間，金字塔之對岸，向所視爲游牧蠻族者，突然崛起於阿拉伯，穆罕默德開回教之紀元，（西元六二二年）建國於默狄納，倡代天行政之說，行侵略鄰封之實，執回回之旗幟，横行歐非，國勢日隆，東蠶波斯。西入西班牙，東北入土耳其，囊括阿美尼亞，東南入印度，占據印北名城，南延北非洲全部海岸，北奪地中海零星小島，疆域之廣，甚於羅馬全盛時代，使節所至，遠及中國，宣傳回教宗旨，吸收中原文化，盡得造紙印刷之術，火藥指南針之類，皆足助其勃興。至第七世紀中葉，遂成爲文化薈萃之地，其天學之中心，可分三部：東部在迦拉底之報達；中部在敍利亞之大馬色，及埃及之開羅；西部在西班牙之科爾都巴；東部與於前，西部起於後，科學西漸，事實使然。

當時米沙帕太尼亞，大非昔比，亞述大宮殿，早如阿房之一炬，巴比倫古城，徒存荒郊之瓦礫，運河淤塞，風景蕭條，已不勝蒼桑之感，惟報達地處底格里斯河旁，猶不失爲東方名城。讀書之士，尚有古風，在第八世紀初，已成回教之新都，教主亞爾孟俊，提倡科學，創設學校，招集四方學者，聞有印度人應召而來，攜有印度天文書，教主即命譯阿文。又得敍利亞人能通希臘文字，遂令譯希臘科學書，

最初所譯者，爲希泊克拉及迦倫之醫書，先譯爲敍利亞文，而後轉譯阿拉伯文，想敍利亞人能通希臘文而不通阿拉伯文，阿拉伯人能通敍利亞文而不通希臘文，故有此轉折也。迦倫書中於亞力士多德學說，言之甚詳，惟阿拉伯人重視天學，蓋回教徒以故都麥加爲聖地，（穆罕默德所生之地。）每逢教節，必向之禮拜，但教徒散處四方，必須知聖地之所在，於是觀測方向，規定節期，皆須有天文之智識。

阿拉伯用純太陰曆，而不置閏月，故三十二三年，與中西曆相差一年，回教規定以新月始生爲月朔。而在民間日用，則無確定之法，往往同一地方，而所用月朔各異，公私文牘，莫不盡然，惟於天文之紀載，則有確切之規定。查明譯回回曆，有月分年，即太陰年，以十二月謂動月，單月大，雙月小，大月三十日，小月二十九日，一太陰年三百五十四日，但朔望月二十九日半有餘，故回曆置一閏日，凡遇月分有閏之年，於第十二月內增一日，凡三百五十五日，以三十年爲一周，平年十九，閏年十一，所得朔實約爲二九・五三〇五五日。又有宮分年，即太陽年，以十二宮謂不動之月，一太陽年三百六十五日，凡遇宮分有閏之年，於雙魚宮加一日，凡三百六十六日，一百二十八年而閏三十一日所得歲

實三六五·二二二四一九日，其數較密。

繼亞爾孟梭之教主，名亞爾拉西，（西元七六五年）即天方夜譚中之英雄也，招致學者，令譯多祿某天文集，當時視為巨艱，先由呼甯平伊哈及其子伊哈平呼甯（父子之名，互相顛倒，頗為奇特，）譯之，後由太舉平高拉潤色之。（西元八三六至九〇一年）伊哈平呼甯更譯其他希臘天算著作，至第九世紀末葉，所有重要希臘書，皆已譯成阿拉伯文，故希臘原書，至今散亡殆盡，而猶得賴以考證者，皆得諸阿拉伯書，其功甚於漢儒之傳經。

太舉平高拉修正天文集譯著，是在亞爾邁蒙教主時，故世稱天文集為亞爾邁蒙所譯。西元八二九年，在報達建設大天文臺，所用儀器，雖不出希臘之範圍，但尺幅較巨，而構造益精，當時天文家晝夜測候，已成日常之工作，繼續不懈，亦有規定之次序，除實測重要星象之外，並注意日月食虧復前後恆星之位置，事後紀錄，以便推算將來復見之期。又發見希臘各種天文表之疏闊，於是隨測隨紀，隨時發表，猶今之年曆然，其體例與希臘大同小異。而各數已屢經修正，阿拉伯復有一種特殊之點，凡重要測簿，必經多數天文家與律師會同簽字，始成正式之紀錄，亦足證其重視天文，為各國所

未有亞爾邁蒙校驗多祿某所測地球之大小，用子午線之測量者凡二次，所得結果前後相符足以校正多氏之疏，蓋多氏所采者，以泊錫圖尼之數，已不如愛拉托遜之密（參觀前章在依巴谷之後，多祿某之前，）同時太畢平高拉所測歲差之數，亦較多氏爲密，此皆報達天文臺之成績也。

阿拉伯最著名天文家爲亞爾拜帖尼，因其生於拜帖尼故名，係阿拉伯之王子，經四十年之實測，（西元八七八至九一八年）所得黃赤大距及歲差之數，均甚密；著有天文學書，及各種日月表。回曆中重要條目，大抵皆由其創作，其最著名之發明，爲測得地球遠日點之運動，後世謂之最高行。明譯回曆有日五星最高行度，謂日五星之本天各有小輪，小輪心循本天右旋，日五星循小輪周左旋，其小輪最遠地心之點，卽爲最高，日五星距最高漸遠，則加減差漸多，在最高則平行無差，其測月行則因本天之高卑而生本輪。又因距日之遠近而生次輪，本輪高卑線與地心參直，而次輪遠近線與本輪心參直，實則本輪者月繞地之軌道，次輪者月繞日之軌道也。拜帖尼又爲著名算學家，引用正弦正切以代數式明三角函數之關係，並創球面三角各種公式。（註一）

亞爾沙非在西元九〇三年，修正亞力山大里亞恆星表，亦爲報達著名學者，亞爾華發報達最

晚出之天文學，（西元九四〇至九九八年）發見月之中心差及出差，不僅在朔望上下弦，卽在弦望之間，亦有此種現象，著有天文學多卷，亦名之曰天文集，有各種創作，與多氏書不同。然後世每有誤爲譯本者，未加細察也，

中部大馬色在亞爾邁蒙時，已建有天文臺，規模不如報達之巨，而觀測所用之器，與所用之法，悉如報達。亦有各種天文表，隨時發表，惟未詳天文家之名耳。埃及開義羅爲非洲科學之中心，亦在回教勢力之下，西元一〇〇八年以前，有天文家名伊品行傘，著各種天文算學表，名哈紀米的表，（Hakemite Tables）延用二百餘年，奉爲標準。伊品又搜羅前人之著述，及歷年之實測，彙爲一集。

西班牙以科爾圖巴爲中心，回教執政以後，建立學校及圖書館，遂爲西方文化發源之地。由是鄰近各都，聞風興起，如托來圖塞維勒及摩洛哥，學者輩出。其間以托來圖爲最盛，亞爾哈成發明蒙氣差之法則。（西元一〇三八年）亞柴卻（西元一〇八〇年）重測亞爾拜帖尼天文表，而著托來圖表，流傳至今，頗爲著名。托來圖諸家改良儀器，精於測算，嘗以多氏天文集校驗疏密，評隲得失，

發表論著甚多；爲西部天學最盛之時，自西班牙基督教徒於西元一二三六年克托來闘，西元一二四八年克塞維勒，回教勢力衰落，阿拉伯天文史遂不見於紀載，

阿拉伯於天學雖無重大之創作，而儀器之精，勝於希臘，測候之勤，超越前人，希臘天學賴以傳世，其功甚偉。今恆星尊名可考者有三百餘，大半出於阿拉伯，天文名詞如年曆天底等，亦出自阿拉伯，至數目字之習用，三角法之完備，代數學之創造，皆足以促進天文之測算。代數一字（Algebra）原出阿拉伯，名東來法；故清代學者如梅文鼎錢大昕等，皆以爲阿拉伯得中國四元術而蛻化者也。溝通中西，承前啓後，開歐洲科學之源，皆阿拉伯之功也。

（註一）案疇人傳載亞爾飛儂，一作亞耳飛儂，一作亞耳巴德，其學本多祿某，新法算書載亞爾飛儂於唐僖宗廣明元年，（西元八八〇年）測定黃赤大距二十三度三十五分，最高在夏至前七度十三分，又五星距離及視徑等數。又載巴德倪於唐僖宗中和四年，（西元八八四年）測恆星黃赤經度，用多祿某法考五星及恆星距地之遠，又測諸大星之視徑。又有亞巴德者，於唐昭宗大順時，（西元八九〇年）測日月實徑，又推得日距地心如地半徑一千一百四十六倍，諸人譯音與亞爾拜帖尼相近，事蹟相類，時期相同，當係一人。亞爾（Al）本屬阿拉伯之冠詞，亞爾拜帖尼亦可稱拜帖尼，與巴德倪音相近，是皆譯音之不同耳。

（七）西域

西域之名，始見於史記漢書，其範圍至廣，大概新疆以西者屬之。漢自張騫鑿空，班超西征，遠及裏海波斯灣。唐初與大食通使，（即阿拉伯）仍稱西域。宋末蒙古勃興，成吉思汗橫行歐亞，如入無人之境；西至羅馬歐洲震撼，其武功爲歷史之冠。元初札馬魯丁進呈西域萬年曆及儀象七種，此西域天文之始見於史志者也。爰據西洋天文史之紀載，關於西域者，略述於後。

回教衰落之後，正蒙古興盛之時，成吉思汗之孫呼拉格汗，於一二五八年滅報達，其政治顧問名那梭伊亭木新疆人，深通天文，呼拉格汗會集資在米拉迦近波斯西北境，建立天文臺，命那梭主其事，並招集學者助之，重譯希臘天算諸書，如歐几里幾何學，阿幾密迪著作，多祿某天文集，加以註釋，詳爲考驗，又自著天文學及幾何學，多心得之作，在近東諸國，奉爲圭臬者，將二百年。復經十二年之實測，重修哈紀米的表，而名曰大汗表，（Ilkhanic Tables）所以尊呼拉格汗也。五星行度及恆星經緯，皆由實測而得，那梭諸家測定歲差爲五十一秒，與確數相差不及一秒，可謂密矣。

米拉迦天文臺所用儀器，構造極精，不僅勝於阿拉伯，即歐西三百年後哥白尼所用之器，及第谷初造諸儀，尙不如也。其儀若何，今難詳考，但觀元史所載札馬魯丁諸器，得諸西域，亦足引爲佐證，一曰咱禿哈剌吉，漢言渾天儀也；二曰咱禿朔八台，漢言測驗周天星曜之器也；三曰魯哈麻亦渺凹只，漢言春秋分晷影堂也；四曰魯哈麻亦木思塔餘，漢言冬夏至晷影堂也；五曰苦來亦撒麻，漢言渾天圖也；六曰苦來亦阿兒子，漢言地理志也；七曰兀速都兒剌不定，漢言晝夜時刻之器也；前五種與中國舊器大同小異，後二種有特殊之點，非中國所有，亦足見當時西域制器之精。蓋第六種與今地球儀相同，元史天文志云：『其制以木爲圓球，七分爲水，其色綠，三分爲土地，其色白，畫江河湖海，脈絡貫串於其中，畫作小方井，以計幅員之廣袤，道里之遠近。』第七種類於近世之鐘，元志云：『其制以銅如圓鏡而可掛，面刻十二辰位，晝夜時刻，上加銅條綴其中，可以圓轉，銅條兩端各屈其首，爲二竅以對望，晝則視日影，夜則窺星辰，以定時刻。』案札馬魯丁進呈之時，在元世祖至元四年，即西元一二六四年，在那梭去世之前十年，那梭在一二七三年卒於米拉格，從此學者風流雲散，天文臺之事業，無人主持，遂爾闃然，（註一）

約三百年後，帖木兒之孫烏羅培，（西元一三九四至一四四九年）長於天文，在撒馬爾罕建天文臺，（昔耶律楚材以尋斯干爲里差之元，即其地也，）招集學者相助觀測，印行日月行星諸表，其恆星表所測之星，與多氏天文集大略相同。惟兼列黃道經緯度分，此自依谷巴以來所未有，比諸今測星表，雖或有數分之差，然在當時實已異常精異，非有精良之器，亦未能得此度分也。況其創始之功，尤爲難能可貴，後烏羅培爲其子所弑，於是蒙古天文家在西域者，遂無聞矣，

（註一）撒馬爾罕天文台建於西元一四二〇年，在明成祖永樂十八年。

（註二）參觀元史天文志，及曆志所載西征庚午元曆。

（八）歐西

歐洲自羅馬覆亡之後，早成割據之局，戰亂頻仍，歐西則國基未立，科學不興，十二世紀以前，雖有一二學者，皆無足稱道。至十二世紀初，亞力士多德哲學，始譯成拉丁文，流行歐陸，深入人心，基督教徒，奉爲圭臬，三四百年後，尚爲宗教派個守之學說。阿拉伯天文學傳入西歐，在十三世紀初，始見

端倪，其功在西班牙與意大利，意王番叚力克，素諳西西利島回教徒，因深知阿拉伯之科學，於西元一二二四年，設學校於那波利，始其大學之模型，延攬四方學者，重譯阿拉伯科學諸書。西班牙自克復托來圖後，盡得阿拉伯天文圖籍，亞而封所王自諳天文，捐數十萬金，訪求各方知曆之士，改革托來陶表，經數年之實測，編訂始成，名亞而封所新表，頒行於一二五二年王即位之日。新表各數，皆密於舊表，其歲實測算之密，尤為顯著，於是風行全歐，亞而封所又著天文百科全書（Libros del Saber）雖多采自阿拉伯舊籍，而非全係譯述。是書有一圖，頗奇特，繪水星繞地之軌道，乃為橢圓，突破前人平圓之例，諒由實測所得，決非無意誤繪，此在刻白爾發明橢圓定律之前所未見者也

十三世紀中，英人培根，著名哲學家也。長於光學，著有光學三集，皆合於科學的正則，嘗力闢食古不化，空憑理想之作家，於亞力士多德之學說，尤深惡而痛嫉之，擬銷燬其書，並嘗研究科學，當於實驗與算理中求之，亦見其崇尚實學，深斥臆說；或謂其曾製遠鏡，則未可信也。同時有法人名哈力法克斯，又名湖來胡特，而又以拉丁名著於世，曰撒克羅巴斯谷，曾在巴黎任算學教員有年，著天球論一書，係簡易天文學，詳論天球旋轉之理，簡明淺顯，頗受社會之歡迎。撒氏卒後，（西元一二五六

年）此書屢經複版，十五世紀末葉，三十年間，印行二十五版，十七世紀中葉，又印行四十版，如初等教科書如通俗天文學，流行三四百年，亦云盛矣。

十四世紀中，維也納創設大學（西元一三六五年）漸成天算之中心，十五世紀中，日爾曼學校繼起，科學漸見發達。有泊拔克者，生於一四二三年，二十七歲任維也納大學天算教授，撰天文揭要講義，即由多祿某天文集擇要教授，並以拉丁文撰述多氏行星系，其用意原欲增入撒氏天球論，因此書所未及，亦所以增進教課程度，但其所用天文集，已屬拉丁文，非譯自希臘原書，亦非由阿拉伯之善本，或係敍利亞之譯本，殊多差誤，故未能如願。泊拔克有得意門生，名默來安，世稱利奇蒙太那，十六歲時，在維也納已頗露頭角，師生相與觀測悟亞而封所表，歷時已二百年，殊多舛誤，月食差至一時，火星差及二度。西元一四六一年，羅馬教廷慕其名，延聘研究希臘文籍，因一四五三年君士坦丁覆亡之後，此項文籍流入意大利者，卷帙浩繁，內有多祿某天文集，非專家不能識，故特聘二人前往，不幸工作未始，老者遽卒。

利奇蒙太那不因其師之去世而停止工作，在意七年，悉心考訂，希臘文字，在維也納時已粗知

大略，至此遂大進。偏讀天文集，及其他希臘天算書籍，因續成其師之天文揭要，以竟其未竟之志。幷自撰算學書編正弦函數表自〇度至十九度，逐分推算，其功甚偉。著書之外，兼事觀測，又嘗演講，回維也納，即任大學教授。爲時不久，甸加利王又延聘其研習希臘文籍，但甸王專屬意於希臘之戰略，利奇蒙太那遂去而他往，至努倫堡，係德國著名城市，有新設之印刷廠，往彼參觀，努市人士，頗爲歡迎，有富商華爾善，資助各費，幷忘年而師事之，於是招市中精於工藝之徒，製造天文儀器，當時歐洲尚未聞有精密之器，初次創造，仍不如西域諸器之精，（參觀前章西域天文史。）

西元一四七二年彗星見，利氏實測其行度，開西洋天文史之新紀元。蓋彗星自古以來，皆視爲怖恐之象，但知彗有八凶，何敢再加細察，故作天文之觀測，用科學之方法者，實自利氏始，中史於彗星之下，雖各有占驗之說，然春秋書彗星，必紀其方位，漢書紀彗星，必詳其行度，方諸西洋，實早二千餘年。（註一）

利氏因努市印刷廠不能印天文圖表，乃自設廠，力求改良，洎拔克天文揭要，於一四七三年出版，行星系圖，始能刻入，風行歐洲，再版多次，是書所論行星系，與亞力士多德法，多祿某法，已有顯著

之不同，亞氏法用八輪，如重環相套，最外一輪爲恆星天，亦卽天球每日旋轉之輪。至報達天文家，於恆星天外，又加一重名宗動天，共爲九重天，其八重之次序，則與多祿某同（明史天文志卽采此說）。後太畢平高拉又加一重，爲十重天，亞而封所宗之，是書則以太畢所定一重爲歲差天，其次序第一月，第二水星，第三金星，第四日，第五火星，第六木星，第七土星，第八恆星，第九歲差，第十宗動。洎拔克以後，中古時代，又以歲差分爲東西歲差天南北歲差天，共爲十一重天，最後於宗動天之上，又加一重，名常靜天，謂太虛無窮，終古不動，於是共爲十二重天，此哥白尼前之學說也。（註二）

利氏又印行一種年曆，與近今所用者相似，附有星曆，所測各數，足以應用三十年，其間有星月距離表，用以測定舟行海面之經緯，是其特創，哥侖布發見美洲，賴有此表，利氏創始之功，不亦偉哉。一四七五年，羅馬教王聞其名，延聘改曆，翌年卽卒於意大利，享年僅四十歲。（註三）

利氏卒後，華爾善仍勤於觀測，定蒙氣差之法則，較亞爾哈成爲密。又用金星距日之度，以定日之所在，更爲精密，亦華氏之特創（中國在宋中葉，姚舜輔紀元曆已行此法，比諸華氏，約早四百年）。華氏復創造時鐘以測天，其有功於天學者，亦非淺鮮。努市天文事業，利奇蒙太那倡之於先，華爾善

繼之於後，基礎固定，故其事業得延至十七世紀而始終也。

哥白尼之生，在利氏去世之前三年，故利氏可爲古天文史中之最後天文家。惟哥白尼學說發表之日，已在其易簣之時；當新舊交替之間，尙有利氏之宗派數人，如叚文西（西元一四五二至一五一九年）於新月之時，發見地球之返照；弗拉開斯脫（西元一四八三至一五四三年）與愛拜因，（西元一四九五至一五五二年）測定彗尾之方向，恆與日相反；（晉書天文志言晨見東指，夕見西指，在千餘年前已發見，參觀前章中國天文史，）拿尼斯（西元一四九二至一五七七年）測定朦朧時之長短，因各地緯度而異；佛內爾（西元一四九七至一五五八年）重測地球之大小，所差不及百分之一；之五人者，雖生同哥氏，而學宗利氏，故古天文史之結束，不得不屬諸此數家，而新天文史之開闢，亦不可不專屬於哥白尼矣。（註四）

（註一）參觀天文考古錄中國史之哈雷彗。

（註二）參觀明史天文志，及蔣友仁坤輿全圖總論。

（註三）希臘阿拉伯各種天文表，與中國之曆法相似，其推歲實朔實，猶中法之步氣朔，推日行及年長，猶中法之步日躔，推月行及月長，猶中法之步月離，推五星行度，猶中法之步五星，推交食各數，猶中法之步交會，推時刻，猶中法之

步曆㳙，可見中西古法，如出一轍，惟各有疏密之不同耳。西洋之所謂曆法，猶今之月份牌，清之時憲書，不過定節氣，分月日，排星期而已。利奇蒙太那始變古法，仿阿拉伯之年曆，而增入星曆，遂開近代各國年曆通書之法。

（註四）本編自希臘天文史以後，皆根據培雷來天文學史，(A Berry's Short History of Astronomy, 1898) 並參考其他有關之書，已擇要分註於各章之下，小史篇幅有限，疏漏必多，還望讀者參觀諸書，隨時指正爲幸。

茲爲便於查閱起見，作中西天文史對照年表，以耶穌紀元爲標準。

<table>
<tr><td>前七二二至前二〇五年</td><td>前二〇四至後二一九年</td><td>後二二〇至四一九年</td><td>四二〇至六一八年</td><td>六一九至九〇六年</td><td>九〇七至九六〇年</td><td>九六一至一二六三年</td><td>一二六四至一三六八年</td><td>一三六九至一六四四年</td></tr>
<tr><td>春秋迄秦</td><td>兩漢</td><td>魏晉</td><td>南北朝</td><td>唐</td><td>五代</td><td>宋</td><td>元</td><td>明</td></tr>
<tr><td colspan="2">希臘 前六〇〇至後二〇〇年</td><td colspan="2"></td><td colspan="3">阿拉伯 六二二至一二四八年</td><td colspan="2">西域 一二五八至一四五〇年</td></tr>
<tr><td colspan="3">羅馬 前七五三至後四七六年</td><td colspan="3"></td><td colspan="3">歐西 一二〇〇至一五五〇年</td></tr>
</table>

下編　新天文學史

一　十六世紀天文學史

溯自西班牙克復科爾圖巴城，而天學西漸，士耳其佔領君士坦丁堡，而學者西行，努倫堡首創印刷所，圖書得以流行，哥命布發見新大陸，人心因之解放，東方文明，希臘科學，經阿拉伯之媒介，由西班牙而意大利，而日爾曼，而法蘭西，而徧及西歐。至十五世紀末葉，已見文化新興之象，亞力士多德學說之衰落，足震頑固之士習，亦猶基督教之革新，足驚世俗之人心，然而惟名惟物，啓門戶之爭，舊約新約，有派別之分。政教之所行，風化之所趨也；世序之推移，學術之遞轉也。考諸歐洲歷史，十六世紀正值中古近代過渡之時期，亦卽古今天學變更之關鍵也。利奇蒙太那者，古天文史之殿軍；哥白尼者，新天文史之先鋒；當西元一五四三年，多祿某行星系告終之日，哥白尼太陽系出世之期，遂

開天文史之新紀元。第谷經三十年之密測，欲反證哥白尼學說之誤，而不意適供刻白爾證實之資。迦略利見木星之衛星，金星之圓缺，益足證地轉之有據，繞日之可信，雖受教廷之凌虐，行轅之拘留，然眞理所在，地動如故。哥氏學說，儼然如新舊兩界之分水嶺，不可動搖也。其劃分時代之力量，不亦偉哉。

哥白尼在西元一四七三年二月十九日，生於波德交界之索倫城，因其父業商，於十年前由波京遷此，乃波蘭所力爭治權之地也。哥氏幼年失怙，隨叔起居，叔本教主，頗欲哥氏將來繼承其業，在十七歲時，遣其人波京大學，專習宗教學，教員白羅齊司基，頗負盛名，課程中列有泊拔克及利奇蒙太那之講義，哥氏之有志天算，即由此而起。留校三年，以宗教不足學，未卒業而去，越二年，其叔以哥氏學宗教不成，遂資遣游學意大利，令其學醫與律，在意約十年（西元一四九六至一五〇六年）僅返家一次，留學之地，初在白洛那，繼在柏圖亞，後畢業於佛拉拉，嘗游羅馬城，而研習天學之心益堅。故在意雖學醫與律，而天算之學攻習甚勤，希臘文字研習亦精，回國後潛心著述，正其太陽系新學說創作之時，屢經易稿，不肯輕於付梓，雅不願諱世盜名，仍力求精進，未嘗稍間。其叔卒後，在弗拉

恩堡主理教政，及地方公益事，凡三十一年，嘗爲人治病，而不以爲業，非特不取醫資，遇貧病且施給藥物。又嘗奉派處理波德爭地之事，雖百務蝟集，而精研天學，從未稍間。

哥氏嘗謂弗拉恩堡地處北方，氣候又劣，不利於天文觀測，水星偶或一見，而時間短促，不能爲詳細之測候。故哥氏不重實測而長於推算，所用儀器皆係自製，遠遜於西域之器，且不如努市之貨。其著作中所載實測僅有二十七，亦不甚精密，有一星之位置，至差及四十分，即在依巴谷時亦不致如是之大誤。門人利的堪以爲測驗宜密，商請於師，哥氏謂「予所求者，在實測與學理相符，粗具大略，足敷應用，不欲究及細密也，」可見其專注於行星繞日，地球旋轉之理，以求其新學說之成立而已。

哥氏在離意之前，已頗聞名，早在天算專家之列。迨西元一五一五年，羅馬教廷有改曆之議，就商於哥氏，而哥氏以日行地行之理，尚未解決，本根不立，曆法何依，不願有所表示，於是哥氏地動日靜之學說，漸聞於時。鬨動天文學界之外，新教領袖路德，在宴會演說席上，論及哥氏學說，違反聖經，斥其愚妄；又有米倫嘔松者，新教派之有名學者，宗教大學之校長也，竟視爲邪說，深恐流行誤人。但

哥氏全不介意，其書仍作名山之藏，而不願輕於問世也如故。今觀其著作中最後之實測，在一五二九年，想即其大功告成之時，嗣後即撰提要一篇，(Commentariolus) 删去算式之繁，述其學說之綱，足以證明地球旋轉之象，行星繞日之理，不過備友人之索閱，亦無意付印也。一五三三年，羅馬天文家受教廷之命，演講哥氏學說，大旨即據此提要立論，故越三年，教廷又函哥氏，謂大綱已明，擬請示以詳說，而同時各方之徵求發表全作者，絡繹不絕，其最後決定付梓者，全賴其得意門生利的堪之請求也。

利的堪生於西元一五一四年，在努市從希翁納學天文，青年好學。十七歲即受米倫區松之聘，任宗教大學算學教席。見哥氏學說提要，慕名往謁，願執贄門下，哥氏款待甚殷。利的堪本擬暫住一二星期，而不覺久留至二年餘，其初到數星期內，即用心攻習哥氏之著作，遂擇其要旨撰淺說一篇，(Prima Narratio) 寄交舊師希翁納，翌年即付印。於是太陽系新學說，遂流行於世，利的堪從學二年，力勸哥氏印行全書，及其歸里，挈哥氏三角法以去，而付印焉。

哥氏自知年老力衰，不能再有所創作，以畢生巨著，付於牧師奇斯，請其便宜處置。奇斯自維不

能膺此重任，立即送交利的塔，即在努市付印。奈利的塔無暇親自校讐，乃委托渥欣德，係路德派教士之雅好天文者也。渥欣德見此新奇之論，大爲驚駭，於是妄增序文，而不自署名，混充原著，大旨謂地動日靜，但爲便於推算，係屬假定而非事實，並易其書名曰天旋論，（De Revolutionibus Orbium Celestium）與哥氏原意大相逕庭，（案哥氏原書名旋轉論，De Revolutionibus 渥氏妄增天球二字，遂相反背，而後世以訛傳訛，不復加以區別。湯若望曆法西傳稱「哥白尼有天動以圓之解」，皆渥氏竄改之流弊也。）且此書已於一五四二年冬印就，直至次年五月二十四日，哥氏病已沈篤，方將樣本送至病榻，尙何能辨別書名之更易，序文之眞僞哉，然哥氏之鴻著，賴以傳世，而世俗之駭怪，藉以稍息，渥氏之情，猶可原也。（註一）

哥氏天旋論在天文史中佔重要之地位，上與多祿某之天文集，下與牛頓之哲數原理，適成鼎立之勢，其書凡六卷，第一卷前十一章，論太陽系之大綱，後附各種算式及表，先由利的塔分別印行，前卷爲淺說所取材，（註二）後卷即三角法所從出也。其論太陽系，以太陽居宇宙之中心，最近太陽者水星，次金星，次地球，次火星，次木星，次土星，最遠者恆星，月則繞地而行，地與五星皆繞日而行，以

金水在地球軌道之內，名內行星，火木土在地球軌道之外，名外行星，皆爲前人所未及。哥氏言地轉之說出於希司他而派賽格拉斯學派，有斐洛拉及亞里大各者，不僅言地之自轉，幷言地繞日而轉，或繞宇宙之中心而轉。然希臘學者之言，並無確切之證據，故自多祿某以來，無人能知其理，至哥氏而始大明。其論宇宙間諸星皆爲球形，以滴水成圓之理喻之，而地之爲圓，更爲顯見，譬如人向北行，北極漸高而南極漸低之度當相等，在北斗鄰近之星，不與衆星共沒，而南天諸星不與衆星同升；如意大利不能見老人星，而在埃及則燦然在望，意大利可見江波座諸星，而在寒帶如波蘭以北者不能見：又如人向南行，北極漸低，而南極漸升之度當相等，北天之星下降，南天之星上升，足證地兩極之間，必爲球面。設在東方之人不能見黃昏之日月食，在西方之人不能見淸晨之日月食，而在此兩地之間者，見黃昏之日月食較遲，見淸晨之日月食較早，足證地東西之間，亦必爲球面。海洋同屬球面，嘗在船艙，初不見陸地，若升至桅頂，即可望見，又譬如桅頂有燈，在陸望之，其船漸遠，其燈漸低，漸至燈光沈沒而不見，足證水陸同爲球面，不過陸地略高於水面耳。雖山高水低，以球面之廣大，實無分乎軒輊，此與前人之論相似而較詳。其論地轉之理分二，一爲自轉，旋行一周而成晝夜；一爲公轉，

繞日一周而生四季，譬如舟行海上，舟中之人，見舟中之物，相距之遠近不變，則不覺舟行，但見舟外山島諸物時近時遠，時左時右，掠舟而過。今地行空中，地面之人，見地面之物，相距之遠近不移，則不覺地行，但見地外日月諸星，時上時下，時左時右，繞地而過，其理正相同也。地球旋轉自西而東，則見日星之出沒，自東而西，其方向恆相反，亦一定之理也。其論太陽居宇宙之中心，謂月水金火木土皆爲暗體，以太陽之光爲光，設有人在月面及五星面上，視地球，亦如地面之人見月有圓缺，月與五星皆似地球，故以太陽居中偏照各體，地與五星繞日而行，月繞地而行，復隨地以繞日。

第二卷詳論地球之自轉，現天球之視行，皆以算式推演，並比驗舊測，發見黃赤距緯，古大今小，雖其數未密，而其理至合，亦哥氏之重要發明也。後半卷載恆星表，卽以多祿某表略加改測，依歲差推算之。但多氏天文集，原由希臘迻譯拉丁，時有傳寫之譌，時有校印之誤，哥氏未經抉擇，故其表中，時用希臘，時用拉丁，悉仍其舊，而未嘗更正，多祿某表以春分點爲恆星經度起算之原，而哥氏表則以白羊第一星（婁二）爲起點，雖相距不遠，實亦出乎例外。

第三卷詳論歲差之理，算數繁重，頗費經營，校驗蒂馬克力斯及希臘諸家之舊測，並亞爾拜帖

尼之實測，考定平均歲差爲五〇・二秒，極爲密近。後第谷以密測著名，亦無以過之。（清初時憲曆所用第谷歲差爲五十一秒，反不如哥氏之密）昔依巴谷論歲差，以赤道移動之故，而春分點西退，哥氏以天赤道與地赤道適相應合，赤道環天大圈，恆與地旋轉軸正交，而與黃道斜交，歲差因赤道移動，而春分點西退。實由地軸移轉之故，約二萬六千年而一周，卽赤極旋繞黃極一周之數也。（每年行五〇・二秒，二六〇〇〇年行三六〇度，）卷末論地球繞日，一年一周，故見太陽恆循黃道，一歲周天，惟地球自轉恆循赤道，一日周天，黃道與赤道斜交，地極偏向太陽，當太陽在交點時爲春分，至極北而夏至，由夏至復至交點爲秋分，至極南而冬至，由冬至回歸原交點則又爲春分，是爲環天一周，四季所由生焉。其測算諸數，引用地道偏心率，因太陽之視行，仍可應用多祿某之輪法，並改正拜帖尼所測遠近點之數，惟昔之所謂近地點，已改爲近日點，昔之所謂遠地點，已改爲遠日點，始與新理相合，又推算太陽視位表，於是太陽之視位，隨時可檢。

第四卷論月行之理與日月食，與前人無大異，因月繞地球，自古相傳，多氏行星系與哥氏太陽系，雖日地之位置互易，而月地之關係未變，哥氏欲謀實測與理論相符，推算仍不厭求詳，並發見舊

測有不合之處，其所推月之距離，與多氏幾相符合，惟所推日之距離，爲一千五百地半徑，則較多氏爲勝。其論月之視差及視徑亦甚詳，大旨謂月視徑之大小，關於月距離之遠近。並考定視徑最大與最小之差，約爲八分，比諸今測，（約五分）亦不甚懸殊。

第五六兩卷皆論五星，其求行度，仍用多祿某輪法，而更增輪數，反覆推演，不厭其繁，故行星軌道，仍用正圓形，猶未能一洗舊習，其測定五星太陽週（會合週期）恆星週及距離等數，列表於後。

五星	太陽週	恆星週	距離（以日距地爲一）	今測（以日距地爲一）
水星	一一六日	八八日	〇・三六	〇・三八七
金星	五八四日	二二五日	〇・七二	〇・七二三
火星	七八〇日	六八七日	一・五	一・五二三
木星	三九九日	一二年	五	五・二〇二
七星	三七八日	三〇年	九	九・五三九

哥氏學說最要之點，即地球繞日，恆星應生歲週視差，昔亞力士多德以恆星不移，爲地靜之證，一千八百餘年以來，無以破其說。哥氏明知人在地面，隨地球之旋繞而移易位置，所測諸星之方向，

亦隨之而變遷，然當時儀器不良，未能實測，哥氏無從目證，但言恆星過遠，視差極微，不易覺察而已。其言固確切不移，而仍無以袪舊派之疑，當時宗教家號稱維新，聖經是奉，即有名學者，仍以亞力士多德學說，爲金科玉律，不然七十年後，迦利略亦不致爲教廷之罪人，足見古人創法之不易矣。

想當時路德之徒，一聞地動之說，即目爲畔道離經，不勝其駭怪，及哥白尼全書行世之後，各界反無動靜，即是送教王，亦無間言。殊出意外，自非無因；一則書名天旋，祇爲尋常，渥欣德序，反掩蓋其內容，非細閱全書，不能知其眞理；一則算數繁複，非學有專長者，不能窺其底蘊，故能讀哥氏書者甚尠。利的堪親炙有年，奉爲師宗，自不待言；而利氏之友，名賴因化者，宗教大學之天算主任也，（自西元一五三六至一五五三年，在職十七年，）奉崇哥氏學說，不亞於利氏：二人皆路德教派，同事於新教勢力教育之中心，獨能一洗舊習，私淑新學，益見其少年英俊，卓爾不羣矣（時賴氏年三十二歲，長於利氏三歲，皆青年好學，不可多得）。

利的堪在印行淺說之後，即根據哥氏學理，編製年曆，（西元一五五〇年）嗣後專心研究算學，曾編各種極詳之算數表，直至西元一五七六年去世之前，方行告竣。賴因化之重要著作，爲日月

諸星行度表，西元一五五一年，由普魯士公爵亞爾培出資付印，故名普魯士表。此表推算詳密，雖或有計數之誤，自亦難免，而於哥氏所推各數，頗有修正，檢查諸星之位置，甚爲便捷。著者自稱，『上推三千年諸星之位置，皆能與實測相符，』非誇言也；實勝於著名之亞而封所表遠甚。流行七十餘年，（自刻白爾表出而止，）哥氏之學理由此推行漸廣，其有功於天學，良非淺鮮，不幸於一五五三年死於疫，著有哥氏太陽系解，尙未付印，卒後稿遂遺失。

賴因化後五十年，天學絕無進步，即自利奇蒙太那華爾善以來，能以密測著名者，亦未有所聞。迨十六世紀末葉，始見發展之象，德國黑森伯爵威廉第四，（西元一五三二至一五九二年）幼時見愛拜因天文圖之美麗，愛不忍釋，少長即致力天文，一五六一年，建天文台於卡賽，始用旋動台頂，爲後世之法。（宋蘇頌儀象台用脫摘板屋，以便啓閉，今私家小遠鏡室，移動屋頂，頗相類似，）觀測六年，因其父去世，主理政務，無暇及此。三年後（西元一五七〇年）丹麥天文家第谷來謁，會談之餘，重起測天之興，復招致羅斯孟與盤爾紀二人，相助觀測，編製兩種新表，羅斯孟精天算，宗哥氏學說，而研究有得。哥氏論天球之視動，因地動而起者，其故有三：一因自轉之運動；二因繞日之運動；三

因歲差之運動；羅斯孟謂第三種之運動，無庸涉入，反見複雜，言之至當，普魯士表有觀測之誤者，亦爲之修正。盤爾紀精於算，有巧思，能造鐘，首創鐘擺，能校正遲速，測星計時，賴以漸密（其法未經印行，故嗣後迦略利與海更士各自創造）。又造對數表，與納氏異地同時，名自發明；但因其不願自表，或尚未完備，故發明之功，歸諸納氏。卡賽天文台主要工作，係編製恆星表，擬實測一千餘星由日之經度，及金星木星之經度，以推恆星之位置，改定蒙氣差，推算日視差，測驗不厭求詳，至一五八六年，有一百二十一星，始經精密測定。繼因羅斯孟往訪第谷，一去未回，從此失蹤，閱二年，康威亦卒，此表遂未完成。卡賽天文台，造旋轉頂，創有擺鐘，漸成近代科學化，而不著於世者，因當時第谷天文台之宏大，有以掩蓋之也。

第谷於西元一五四六年，生於丹麥之紐司曲洛城，貴族州長之長子，自幼承繼於伯父，十三歲入考本海更大學，爲將來從政計，習文學與哲學。翌年（一五六〇年）得見偏蝕日食發生，無窮興趣，欲研究占星之術，預卜休咎之徵，故在校末二年，遂致力於天文算學。十六歲入德國來布悉大學，習法律，所遇助教，指導無方，使其見憎於法律，而仍專致於天文。西元一五六三年，測候土木二星相

會之時，發見亞而封所表預推差及一月，此其實測之初次紀錄也。又在來布恭市購置數種儀器，皆不甚精密，因試驗器差，屢加校正，故後來改良諸器，遂成專家。

西元一五六五年，丹麥瑞典之戰，第谷因伯父死於難，遂回家一年，後游歷各處學術著名之地。在德國得交二三天文家，至奧古斯堡，遇海因濮昆仲，係富家子弟，俱好科學，第谷爲之繪圖雇工，造大象限儀，闊十九呎，緣邊九十度，逐分細刻，又造天球儀，徑長五呎，以實測之星，逐一繪誌於球面，隨測隨誌，方位瞭然。在外五年，因生父年高，回國省親，次年父卒（一五七一年）第谷有叔久居司底培里，雅好科學，因往謁之，遂在彼研習化學，類乎鍊金之術，而天文之學，由是中輟。

第谷雖移其心於他種學術，而未嘗忘情於天文，自言「每遇向晚天晴，必仰望星象，幾成習慣」，故不及二年，而測天之志又行奮起。是乃西元一五七二年十一月十一日，日落之後，忽見新星出椅女座（明史天文志云：「策星旁有客星，萬曆元年新出，先大今小」即此星也。）明若木星，大爲驚異，因恆星中向所未見，行星亦不能至此間，於是逐日詳測，其明漸增，有若金星，後漸暗小，至十六閱月而始不見。迭測此星與椅女座諸大星之距度，復用各種方法，試驗其有無顯明之視差，而終不能

測見，遂斷定其比月必甚遠，又無行星運動之象，復斷定其必在恆星之列。爰撰新星解一卷，凡十二章，大旨論新星之現象，及各項之測驗。(註二) 當時朋輩勸其與所編年曆（一五七三年）同付鉛槧，而第谷以爲印行書籍，有失貴族之尊嚴，故未即付梓。新星解雖多占驗之談，而在其著述中頗佔重要之地位，刻白爾嘗謂「無論此星有何作用，至少足產一大天文家。」

一五七四年，受本海更大學延聘講演，多屬占星之術（此項講義，第谷卒後約十年行世）未及一年，又游歷各地，至卡賽爾參觀天文台，雖居停甚暫，而與伯爵訂終生之交。至弗倫福特采辦圖書；至拔賽里愛其風景，有作久居之想；至威尼斯參觀文化學術；及其歸也，經利琴司堡，購得哥氏天文提要一書。

西元一五七六年，開第谷天文事業之新紀元，當時丹王番叚力克二世，提倡科學文藝，不遺餘力，聞第谷名，賜以黑文小島，爲其測天之所，許以建造天文台及房屋儀器一切設備之費，另由島上官產租金內年撥百鎊，爲補助之資。第谷奉命之下，不勝欣喜，即於是年五月赴島，起建天文台，經費有着，咄嗟可成，未及年終，全部落成，早已開始觀測。第谷身爲天文家，而終不自忘其爲貴族，力求建

築之富麗堂皇，始與自身地位相稱，全部房屋，名曰天宮，（Uraniborg）四周築成正方之園，四角正對東西南北，有觀象台多座，其他實驗室，圖書館，膳堂宿舍，應有盡有，於是四方學子及助理人員，絡繹而來，桃李門牆，人才濟濟。至一五八四年，原有設備，不敷應用，復起建第二天文台，名曰星宮，(Stjerneborg)設地下觀象所多處。又因便於工作起見，造第谷住宅，並儀器製造廠，印刷所，造紙廠，相繼建設。非特兩宮房屋，即一切儀器，無不金碧輝皇，竭裝飾之能事；經費之浩繁，至爲可觀。第谷平居豪華，自亦不甚措意，丹王補助年金之外，並隨時捐給地產款項等類，故收入頗豐。但第谷祇知官產之收入，而不顧公益之支出，是以種種糾紛，相繼而起，爭執不已，結果終是丹王爲之賠償，而深覺第谷之多事煩惱，頗爲不悅。第谷又嫉妒人之才能，常疑其助理員或參觀之來賓，竊稱其底稿，而直責人之抄襲，因之又時起紛爭。第谷與人爭執，不畏其煩，而款待來賓，又不勝其忙，蓋天文台聞名遐邇，參觀者不僅爲天文家，即王公貴顯，亦絡繹不絕，皆須殷勤招待，引導瀏覽，大半工夫，消耗於爭執款待之間。然而測天之事，未嘗稍懈；在島二十一年，得門下諸家之助，晝夜密測，無間寒暑，所用儀器，多係創造，體制甚大，分限極精，勘驗亦確，清台候簿之記，課校精詳，實足以超越前人，有助後學也。

西元一五七七年，大彗星見，又足使第谷測候精進，雖當時天宮初成，儀器未全，已足敷應用，其觀測之精勤，一如昔年之新星。測定此彗距離，較月爲遠，至少約三倍之，證明其在日與月之間。而昔之所謂彗星出於大氣之高空者，第谷亦難免舊見，今不攻而自破。又測見此彗繞日而行；彗首恆向日與金星，其距日之度，較金星爲遠，證金星在日與此彗之間，則昔之所謂行星附麗於硬玻璃球，隨之俱轉者，亦始悟其謬。猶新星之出見，足破星象千古不變之說，蓋當時天文家，泥於亞力士多德哲學者，尙不乏人；第谷經此實測，始悟前非，刻白爾所謂足以造就天文家者，良有以也。

第谷撰彗星解十卷，詳述各項之實測，脫稿反在新星解之前，因新星各種關係，均須測驗，爲時甚久，未能卽行完成也。但彗星解亦未印行，其第一卷論及太陽系。第谷另創一法，謂「地居宇宙之中心，日月恆星各有本輪，繞地而轉，水金火木土五星之本輪，則以日爲心，而本輪之上，俱有均輪。」蓋欲折衷多祿某哥白尼兩家之說，實未脫舊習，而不合實用。後利滿著太陽系論（約在一五八八年）與第谷頗相似，大旨謂「地居宇宙之中心，不離本所，而每日旋轉一周於南北兩極，地周圍日月恆星繞之，日周圍水金火木土繞之。」利滿曾至黑文島，（一五八四年）不久卽去。第谷遂控告其

窺竊底稿，抄襲其意而先行付印；利滿何能甘服，遂反訴第谷襲其著作，爭訟不休。其實利滿論地球自轉，爲第谷所未及天球運行，本爲多祿某系最弱之點，況各家立說容有相似，詎可遂謂之剽竊，而第谷嫉妬心深，遽訴諸法律，徒見其多事而已。第谷彗星解，卽在訴訟之時，始分送友人而正式印行，乃在其卒後二年矣（一六〇三年。）

西元一五八八年，丹王去世，嗣王年幼，（十一歲）大臣攝政，待遇第谷，初無間然。天文台經費，猶得資助巨款，無如第谷常與島民爭執，并引起種種糾紛，於是廷臣漸生厭惡之心；迨一五九六年，嗣王親政，以天文非所急，黑文島耗費過巨，又因第谷不洽輿情，內援無人，各項經費停止供給，天文台事業勢難維持，第谷不得不離島歸里。家居數月，仍望恢復原狀，而未能如願，遂決赴德，住亨堡近郊友人家。一五九七年冬，發表天文儀器詳論，附以自傳，並述各種主要創作；又編訂恆星表一册，凡一千星，其間七百七十七星，皆精密測定，餘未及詳測。此二種乃其生平得意之作，亦二十餘年精力所萃，分呈各界名人，亦所以表見其測候之功深。第谷在島時，（一五九四年）曾與德王代表書函往還，德王熱心科學，早聞其名，故幾經德王及王子之商約，遂於一五九九年六月，受德王之聘，遄赴

波希米都會（巴拉哈）准其在卑那地居住，離都會約二十哩，由是移家始定。遣其一子往黑文島遷運儀器，物色助理之人才，重振測天之事業，僅得舊門生一人為助；幸有刻白爾聞名而來，於是相得益彰。惟當時內亂頻仍，第谷官俸，不能按時支給；而刻白爾又阮囊羞澀，常以為慮。不久返都，翌年第谷亦移居都會，相與觀測，甚為翕然。不幸未及一年，第谷病卒。（西元一六〇一年十一月二十四日）遺稿交於刻白爾，因之發明行星橢圓定律，立天學之新基礎。而第谷實測之精微，亦賴以傳諸千秋；所惜者儀器由家屬保藏，置諸高閣，後因波希米之戰亂，遂遭散失。

考第谷天文著作，約可分為三大種：第一種新天文學，係第谷手定之稿，一六〇二年刻白爾所印行，凡六卷：第一卷論四季時刻，第二卷論日躔、歲實、歲差、蒙氣差，第三卷論月離、交食，第四卷論五星行度、及恆星表，第五卷論新星，第六卷論儀器。第谷在德時，曾將恆星表分送名人，後附天文問答，第谷與卡賽伯爵及羅斯孟等論天之往還函牘，曾在離島之前（一五九六年）編印也。第二種彗星解，凡二部，一專論一五七七年之彗星，即第谷於一五八八年分送諸友，而刻白爾於一六〇三年所印行；二論一五八〇年一五八二年一五八五年一五九〇年一五九六年所見諸彗，後附一五九

三年之彗係其門人所測，不如第一部之詳備。第三種卽歷年測簿，雖未經編訂，而第谷三十年實測之精華，盡萃於斯，實亦重要之紀錄也。

第谷所持太陽系學理，雖與哥白尼相違，而數十年測候之功，艱苦卓絕，凡一星一事，必幾經疊測，復以各種不同之方法，校驗差異，反覆推求，昕夕不倦，故所得結果，至爲密近，比諸近今所測，所差甚微。（所定歲實極爲精密，淸初甲子元時憲曆采用之，其他用數，亦皆依據第谷，蓋利瑪竇湯若望及徐梅諸公，皆宗其說。）其於火星之順逆留伏，視道屈曲，測算尤爲精勤，嘗欲作圖以明其理，而天不假年，未及觀成，卒由刻白爾依據舊測，繼續前功，發見火星橢圓之軌道，并推水金木土之同出一理，而創三大定律，開十七世紀天學之新紀元，創造之功，不亦偉哉。

（註一）本編十六世紀以後，十九世紀以前天文史，亦根據培爾來天文學史擇要敘述，仍參考其他各書，哥氏天旋論譯載夏伯爾天文圖書考原，(Shapley & Howarth's A Source Book in Astronomy) 可參觀也。

（註二）第谷新星解 (De Nova Stella) 一九二八年由華爾騰 (J. H. Walden) 譯爲英文，亦載在天文圖書考原。徐光啓新法算書，論第谷各書內容，亦頗扼要。近人張鈺哲撰泰西天文家列傳十餘人，絡續載在宇宙月刊，可參觀也。歷代大天文家，曾由拜耳氏各撰以列傳，(Ball's The Great Astronomers) 頗爲著名，現正由陳

遊嘉譯爲天文學名人傳，亦采入萬有文庫第二集自然科學小叢書。足資參考。

二 十七世紀天文學史

古人觀測天象，全恃目力，推究諸星之方位，皆以幾何學爲基礎。自依巴谷以來，莫不以輪法爲推步之本；不能出圓周運動之範圍。至十七世紀迦利略刻白爾牛頓諸家起，始由幾何而入力學之途，爲天文史開一新紀元。遠鏡之創制，得窺前人未發之祕，而哥氏太陽系之原理，藉以證實，橢圓之應用，始破輪法相沿之習。而第谷數十年之密測，未嘗無功，萬有引力之理以明，天體力學之基以定。十六世紀諸家啓其扃而十七世紀諸家闢其途，迦利略，刻白爾牛頓，宜乎彪炳史乘，佔十七世紀天文史之主要地位；然其間如德之班野，我國之王錫闡，英之哈羅克斯，荷蘭之海更士，法之畢考特，意之葛西尼，丹麥之勒墨爾諸家，各有創作，皆爲一時知名之士，讀史者當按其紀年之次第，而考其學術之源流也。

第谷恆星表印行之次年，（一六〇三年）德人班野創製恆星圖表，新增南天星象十二座，始

以希臘及羅馬字母紀星，按字母之前後，依星光之強弱，順次紀之。圖中人物之像，描繪精細；而星等之序，分別顯明；於第谷七百七十七星之外，復增五百餘星，皆由精密實測，爲近世星圖之創作，足證其觀測有年。想第谷至德時（一五九九年）以恆星表分贈名人，班野早已鑒及，第谷表重在比驗新星，故星等一項，即采自多祿某而未經實測。班野圖表，不僅首創紀星之簡法，而當時星光強弱紀之甚明，足爲後世校驗變星之參考。至十七世紀末，英人佛蘭斯德以新測之星日增，字母不敷分配，復創數目紀星之法，按星之赤經，自西而東，以阿拉伯數字順次紀之。案今所用紀星之法，約分四類：一爲專名，其原出於古籍；二爲字母，即班野所創；三爲數目，即佛蘭斯德所創；四爲表目，以著名恆星表之目次，分別誌之也。班野創造之功，足補前人之闕，又爲後世之法；班野身爲律師，而能專心實測，創立新表，在天文史上別立一幟，然較諸同時之天學大家迦利略刻白爾，已是小巫之見大巫。案迦利略生於一五六四年，刻白爾之生後七年，班野之生又後一年，而其去世最早，是在一六二五年，先於刻白爾者五年，迦利略者十五年，故迦氏享年最大七十九歲，刻氏次之五十九歲，班氏僅四十七歲，獨發表著作，則在二家之前。（註一）

迦利略生於意大利之碧沙城，聰穎異人，十七歲入碧沙大學習醫，而心慕算術，校課之外，延師補習，昕夕忘倦。父亦善算，但見其子沉溺於算學，恐反害於校課，因將算師辭去，然迦利略已讀畢歐几里幾何六卷，早具根柢，無師自修，亦日見精進。而在校學業，輒冠儕輩，思想新頴，才高善辯，不能見諒於師長。某日在教堂內，偶見風吹懸燈，動盪往復，終歸靜止；在人視之至平常事，而迦氏靜心觀察，乃悟動盪之闊狹有大小，而往復之時間實相等，推想及於人之脈搏，同出一理。又悟擺動之周期，與擺長爲比例，遂創造有擺之鐘，以診病人之脈，爲醫學家立診切之方，爲天文家創計時之法，爲物理家開力學之源，其體察之力，實驗之力，創造之力，誠加人一等矣。

迦氏父出貴裔，而家已中落，所以令其習醫，亦爲將來謀生之計，然在校未及四年，卒以家貧輟學，時年二十一歲（西元一五八五年）閉戶潛修，悉心科學。次年發表其第一次論文，述新發明水力平衡測驗之器，名曰水稱，（Hydrostatic Balance）著名於時。迦氏苦攻四年，至二十五歲，受碧沙之聘，訂三年之約，任算學教授，而兼課天文，薪水微薄，每星期不過五先令，惟尚可自收學生，稍資補助。迦氏授課之餘，仍致力於科學之探討，見時人泥拘亞力士多德學說，每思有以破其迷，抱培根

之同情，而更勝一籌。亞氏有云：「物體因重量而下墜，重者愈速，輕者愈緩，」歷來學者久已認爲自然，從無異言。一日迦氏在碧沙斜塔之頂，衆目昭彰之地，以輕重不等之二球，令同時下墜，乃同時及地，並無輕重緩速之分，亞氏之說，不攻自破，而墨守之徒，猶未肯深信，不亦愼哉。碧沙同人，多拘執舊學者流，與迦氏之新穎，有雲泥之別，成水火之勢，旋因其父病故，遂未終約年，即辭職而歸。隨母氏住弗洛倫司，不久受柏圖亞大學之聘，（一五九二年）任算學教授，先訂六年之約，來學日增，座爲之滿，講學之餘，精研科學，發明各種物理儀器，撰著天文力學及礮壘工程等論文。惟力學一書，至晚年始印行，爲著名之作。六年約滿，又續訂六年，後乃訂終身教授之約，而薪水亦屢次增益。

迦氏天學，素宗哥白尼，嘗謂「欲搜集證據，以堅其學說。」其第一次天文實測，則在一六〇四年十月十日，忽見新星出天市垣（毒蛇座），明若金星，十六日後，漸暗小，至明年十月中旬，始不見。測得此星比行星遠甚，證明第谷新星，同出一理。當時刻白爾在德國，亦經詳測，撰有新星論，較迦氏所見之時爲久；故或有謂此星在一六〇六年，倘得望見，惜迦氏遠鏡尚未創造，不然必可多見若干時也。其時意大利科學大家之名，已聲聞全國，及創造遠鏡之後，遂蜚聲全歐矣。

一六〇八年，荷蘭有利泊希者，設眼鏡鋪於中堡市，其幼子小利，在鋪無事，手持二玻片，玩望教堂鐘樓，忽覺近在目前，而其象顛倒，驚告其父，視之果然，頗以爲奇，遂裝以紙管，名曰幻鏡，當玩具出售。宮中衛士，購呈王子，以爲遠望敵艦，得有大用。老利聞之，居爲奇貨，申請專利而未准。迦利略微有所聞，又經法國友人函告，幷請其設法改良，迦氏覃思默想，遂悟其理，以凹凸玻璃裝於管之兩端，虛管相套，使可伸縮，隨視物之遠近以爲長短，影亦不倒，不僅可以攝取數里外物，如在目前，且能用以窺天。其所造第一鏡，口徑不過吋餘，視物近三倍，大九倍；第二鏡口徑亦不及二吋，視物近三十倍，大六十倍。今兩鏡尚完好，保藏於弗洛倫司博物院，擴展觀天之眼界，促進天學之飛揚，覩厥遺制，令人景仰於無窮。

一六一〇年，迦氏以第一次遠鏡所見，公布於世，撰一小册，名曰天象使者（Sidereal Messenger）意謂遠鏡爲傳達天象之使者也。後由卡洛斯譯爲英文，（一八八〇年）今載夏伯蘭天文圖審考原，得窺原著。其大旨約可分爲三類：第一類論月面山谷：遠鏡窺月，有山有谷，宛如地面，常娥藥兎，空托詩歌；山之向日，俱生日影，在明暗之界，愈見差參不齊，而山影較長，足證其處當日出或日入

之時。又有山形中窪圓如碗口，在月邊者，望若橢圓，山之大者，內有小峯矗起，宛如地面之火山，今名寰形山者是也。第二類論遠鏡星象：以遠鏡窺星，驟增無數，向見銀河如一片白雲，今乃知爲無數小星組合而成；鬼中積尸望之如白點，今乃知有四十餘星；參宿罰星之旁，小星衆多，作圖狀之，凡八十星；（罰旁大星雲，不知迦氏何未測見，直迨四十年後，方由海更士發見；亦猶奎宿大星雲，迦氏未見，乃由馬流發明之。）昴宿星團，尋常目力得見六星，目力佳者可多見五六星，迦氏以遠鏡窺之，六星四周約半度之內，有四十餘星，擇其三十六星作圖以狀之；詩云「嘒彼小星，維參與昴，」迦氏二圖，正足以形容之。第三類論木星之月：從刻白爾之議，而名曰衛星，此迦氏之重要發明也。其初見木星之旁有四小星，往返於木星右左，幾經測候，乃知皆繞木星行，自西而東，猶月繞地球，諸行星之繞日，足證哥氏太陽系之理，向之所欲求其實據者，今恍然得之，哥氏有知，當亦許爲大功臣。然時人頑舊，未可理喻，乃昌言人祇七竅，天祇七政，謂迦氏所見爲不可信；或有甚謂迦氏木星之月，藉幻術預設於遠鏡之中，望之若在木星之旁，愚頑之見，殊可嗤也。

迦氏發表此書以後，復測驗土星，以爲土木同類，木星既有衛星，土星當有同樣之發見；而孰知

土星有如二小星附麗於兩旁，屢經測候，不見其動，斷其必非衛星，而莫明其理，但以爲土星有一體三位之形，然不願公布，免駭俗而招物議。後數年再加細測，則見兩旁如小星者，已完全消滅，大爲駭異；豈眞神話流傳有土星食子之事哉，蓋迦氏遠鏡力弱，不知土星之有環也。至一六五五年，海更士始明確測定。

迦氏任職柏圖亞，忽忽十有八年，知音絕少，落落寡歡，浩然有歸去之思，適其著作行世以後，聲名藉藉，鄉邦爲榮，左斯甘公爵慕其名，召之歸國，授以首席哲算大家之職，俸給優裕，無授課之勞，得悉心致力於實測。是年（一六一〇年）十月，在弗洛倫司，測見金星圓缺之象，猶月之弦望；足證行星爲暗體，以日光爲光，推及地球，其理相同，而哥氏行星爲日之理益顯，此又一證也。

日中黑子，中國在西漢時已早測見，史不絕書，而在歐洲則自遠鏡發明以後，始成天文之研究。當時德人希愛納，英人哈遼德，荷人法必修，各有所見。一六一一年六月，法必修且發表其著作也，而迦氏黑子之紀錄，發表於後一年，而實測則早在前二年。其致友人書謂「觀測逾十八月，最初發見，尙在拍圖亞時，」案迦氏返國在一六一〇年九月，則其初見黑子之時，當在九月以前，足證其未嘗

後人。希愛納測算黑子運行之周期頗密，惟理論有不合，以為行星經過日面之證。而迦氏則測定黑子係在日面，並言其形有散若黑雲之象，非盡圓如行星之影。函告諸友，痛斥希氏，詞鋒犀利，不留餘地，致結怨於希氏甚深。然迦氏因此文字之爭執，遂引起教廷之干涉，謂其木衛之論有背聖經，黑子之議，提倡邪說；一六一五年，哥氏天旋論列入禁書，一六一六年，迦氏被控召赴羅馬，不許再言地動以惑人，而迦氏著作自由之權遂失。

時迦氏年逾五十，精力漸衰，曾與西班牙當局，論觀測木衛掩食，以求航海經度之法。蓋木衛有時出入於木星之影，光為所奪，如地球之月食，謂之衛食；有時隱見於木星之前，影行木面，如地球之日食，謂之衛星過木面，猶水金二星之過日；有時出沒於木星之後，為星所掩，如月掩星，謂之木掩衛星。如有諸衛行度密表，在海面測得衛食之時，可推定其處之經度，但當時木衛行度，未能精密測定，故迦氏創其法，而未見其用也。迨一六二三年，迦氏著一書，名「試金石」，(Il Saggiatore) 雖非重要之作，但嘗論及哥氏地動學理，並一六一八年所見三彗星之現象，徒以禁令所在，未能暢言其旨。當烏爾彭未升教皇以前，對於迦氏黑子之論，頗加獎譽，故迦氏以此書呈諸教皇，復蒙稱許，嘗令人

於餐時歸之。又召迦氏入宮傾談，許以年俸，賜其子爲函左斯廿公爵，令其優以禮遇，惟迦氏申請取消一六一六年之禁令，則未獲邀准。

迦氏既得教皇之優渥，遂發表其生平含蘊之志，而撰「多哥兩系談」(Dialogue on the Two Systems of the world, the Ptolemaic & Coppernican) 假設三人問答之辭，以辯兩系優劣之點，一爲哥白尼之信徒，乃思想新穎者流，一爲亞力士多德派，乃墨守陳言之徒，一爲中立無成見，乃頭腦簡單之人也。原屬通俗之談話，並無特殊之深理。惟其間論及恆星視差，實開後世之法，動力原理，已開牛頓之先；而此書所以著名於史者，因足見當時宗教之權威，社會之頑固，而迦氏之備受凌辱也。此書於一六三二年印行，曾經教皇之許可，乃議者譖之，謂刊行之本，非教皇前見之稿，書中頭腦簡單之人，即暗指教皇之愚昧；於是教皇大怒，立飭提拘迦氏至羅馬，看守於公爵行轅，尙屬優待。逾二月餘，至六月二十一日，始受教廷之訊鞠，罰跪於衆主教之前，逼書悔過之誓。主教中亦有憐其年高學博（時已六十九歲）思爲輕減，無如挾私怨者衆，卒以違禁之罪，判決監禁於教皇宮中三年。迦氏含冤莫伸，惟俯首默念曰，「其動如故」("Eppur si Muove")（哥白尼三書早

列禁例，今迦氏兩系談，自亦列入禁書，而不久復以刻白爾所著哥氏天學提要，亦列入禁例。據培爾來天文史言，一八二一年教廷達禁書目，尙列有此五書，迨一八三五年之書目始不見也。）

未幾迦氏因病就醫，得釋返家，而教會中人仍監視其行動，繼以愛女去世，晚景愈形淒涼。然迦氏猶不廢著述，整理舊稿，力學一書，卽於此時印行。荷蘭政府亦以木衛測海上經度見詢，迦氏復研究改進之法，不厭求詳。最後又觀測月行，發明新理：蓋月球一面恆向地，一面恆背地，背地一面，終古不見，故俗謂半面嫦娥羞見人；迦氏以遠鏡細測之餘，見月面微有轉側，若左右搖擺之象，卽今所謂天平動者是也。卒以一生心血，盡耗於測算之中，年高力衰，雙目失明，古今來爲科學而犧牲者，莫有迦氏之甚矣；然其創造遠鏡之功，永垂青史而不沒。

迦利略創造遠鏡，證實行星繞日之理，而刻白爾測候火星，發明行星繞日之軌，由是哥氏之學說，至此而大備，二人之有功於天學，實未可限量。刻白爾德國威爾登堡人，生於西元一五七一年，十七歲入左平更大學，習宗教，而長於算術，畢業後受格拉士學校之聘，任算學教員，課餘多暇，兼任編曆之職。當時歐洲通用曆書，與中國時憲書相似，節氣朔望星象時令之外，復有吉凶休咎之占驗，故

刻氏致力於占星之術，研究星象之運行，而力求其所以然。嘗思行星何以祇有地與五星，何以距日有遠近，又何以速度不等，而最外者其行最遲；後忽思得立體幾何中，祇有五種正多面體，適合於地與五星之軌道，及距日之遠近，乃撰「宇宙之秘」以論其立法之源。雖屬臆想，亦足以見其用心之勤；而受知於第谷者，亦以此書爲之先聲。其法以土星爲最遠，其軌道在第一球面；此球可容正方體，體內可切第二球，木星之軌道在其面；第二球內可容六面體，體內可切第三球，火星之軌道在其上；第三球內可容八面體，體內可切第四球，地球之軌道在其上；第四球內可容十二面體，體內可切第五球，金星之軌道在其上；第五球內可容二十面體，體內可切第六球，水星之軌道在其上。重疊相套，以次遞進，太陽居其中心。刻氏又爲未足，復引用派賽格拉斯音球之法，以解行星之速度。以爲速度之遲疾，與音調之高低相合，五音配五星，六律配地與五星，實有類於漢初五行說。刻氏好爲占驗之談，以地球音調合於米(Mi)發(Fa)米(Mi)，故地球人類有病苦(Mi-sery)饑饉(Fa-mine)之徵。

一五九九年，刻氏聞第谷之名，離校而赴巴拉哈，第谷知其長於運思，勤於研習，遂引爲知己。雖相與觀測，未及二年，而第谷卽以生平著述付託之，深慶得人。故第谷數十年之實測，賴以不替，而刻

白爾三定律之發明，亦藉以成功。第谷卒後，一六〇二年，受德王羅圖夫之命，繼第谷算師之職，禮遇稍衰，已不如前。所幸刻氏得第谷之測簿，經二十五年之精研，卒底於大成。一六〇四年，新星出天市垣，撰新星論，以述其現象；復著光學一書，論應用於天文之理。一六一一年，聞迦利略創造遠鏡，用凹凸玻璃，刻氏幾經研究，力謀改進之法，乃悟兩端均用凸靈硯，足以增強遠鏡之力，即今所用折光鏡，皆係此式，惜刻氏未能自造，又不得相當之工匠，故僅創其法，而未自用。惟迦氏敵人希愛納，約在一六一三年，曾據此理以造一鏡；故應用新式遠鏡者，希氏為第一人，而刻氏創始之功，亦不可沒。

第谷測候火星，歷有年所，因火星之順逆無常，行道不齊，覃思密測，苦不得其理，迨刻氏前往，復令其繼續測算；查行星軌道，原與平圓相差甚微，若金星者幾難分別，火星較為顯著，故自依巴谷以來，應用輪法，亦得相合。哥白尼致力於行星繞日之理，而未計及行星繞日之道，賴因化之普魯士表，著名於時，沿用已久，不覺其差。今第谷測驗火星，無微不至，又得刻氏之助，推算益密，自然發見行道之異，悟普魯士表有四五度之差，知非計算之或誤，而不知輪法之不合也。推求未終，賚志而歿，刻氏賡續前功，悉心觀測，自具堅忍不拔之心，冀竟故師未竟之志，校驗舊測，比核輪法，反覆推求，不殫其

煩。繼悟不合之點，僅有八分之差，較諸普魯士表差及五度者，奚啻倍蓰，亦可謂密近矣。然而刻氏深知第谷測驗之密，決無八分之差，亦非推算之誤，於是重加考驗，研求其故，竭盡其能，以種種輪法圓形，重疊湊合，復以種種幾何圖形，反覆試驗，乃悟火星之軌道，必不能與圓周相合，始打破圓運動之窠臼。其初以蛋形試之，一端大而一端小，後悟其非，乃知此軌道實有合於橢圓，詳加推算，無不吻合，於是二千年來本輪均輪等假設之象，一掃而空，刻氏苦思十年，迎刃而解，其愉快爲何如哉。

刻氏既明火星之軌道爲橢圓，復悟太陽卽在此橢圓之一焦點，由是理以推地球及他行星，無不相合，於是創其第一定律曰：「行星之軌道爲橢圓，太陽在其一焦點。」刻氏復測得火星近日則其行速，遠日則其行遲，足證昔之所謂日行遲疾者，因地球之軌道運動也。遂悟行星在軌道上運行，與所經時間有比例，設聯星距日之線，（謂之動徑）所經面積，與時間成比例，卽行星所歷之時間等，則此線所掃成之面積亦等。於是創其第二定律曰：「歷時同，則行星動徑所過面積亦同。」一六○九年印行其得意之作曰火星行度解。(Commentariüs de Motibus Stellae Martis) 刻氏創此二定律，原由觀測火星而得之，雖推及諸行星同出一理，而尚未經細測，故以此書上呈德王時，

請撥款補助，以竟全功，大旨謂幸賴帝德，降服戰神，（註二）維其父木祖土，金姊水弟，同類相依，留此醜虜，恐遺後患，望速頒餉糈，俾早日殲滅云云。未邀德王之准，刻氏雖軍餉無着，並不中止進攻，仍悉心探討其行星和諧之律。

一六一一年，德王羅闖夫被逼遜位，其弟繼之，不重天文，刻氏之禮遇遂衰。當時北奧當局請其編製地圖，兼任介墅中學算席，刻氏不願遽離故主，仍隨侍左右，一六一二年羅闖夫卒，而刻氏之妻，亦於是年病故，遂赴介墅，以踐前約。一六一三年續娶，雖公私多故，而研究天文，未嘗稍懈。一六一八年，德國三十年戰禍起，介墅未可安居，遂受白洛那學校之聘，（前哥白尼初至意大利，即在此校留學，）在職三年，（自一六一八年至一六二一年，）陸續印行其大著三種：第一種和諧宇宙（The Harmony of the World）卷帙浩繁，其第三定律即載在是書，曰：『二行星繞日周期之平方比，等於二行星距日均數之立方比，』此刻氏後十年苦思密測之功也。談天云：『此爲古今來天學第一至妙無上之理，刻白爾精思苦索而得之，自明此理，而知地球與諸行星，不獨形體相似，顯然一類，無可疑矣。』第二種彗星論，詳述一六〇七年之彗，及一六一八年之三彗，後七十餘年，哈雷所見彗

星之軌道，與刻白爾一六〇七年所測，及愛拜因一五三一年所測者相似，遂發明其周期，亦著於史者也。（參觀前歐西天文史，及後章哈雷之發明，）第三種哥氏天學提要，卽後與哥氏三書，迦氏兩系談，同列教廷之禁例者也；是書不僅闡發哥氏之學理，且有不少刻氏之創作，論日月食甚詳，述及一五六七年之日食，「謂四周有光環溢出，參差不齊，」足證其所見非環食，卽後世之名日冕者是也。昔泊拔克亦有類似之發見，考冠珥背抱，日中黑子，中國測見最早，歐洲在遠鏡未明以前，能見日冕之象者，惟此二人而已。刻氏最後之巨著爲羅圖夫天文表，因紀念其故主而命名，亦其一生精力所萃，所測各種天文常數，甚爲精密，於一六二七年行世，尚有新天文集一書，未及脫稿而歿。享年五十有九，其去世也（一六三〇年）早於迦利略者十二年。

自刻白爾定律，迦利略力學，行世以後，至十七世紀末葉，牛頓萬有引力出世之前，其間五十年，雖無極大之發明，極巨之著作，而各國學者，相繼而起，儀器之改良，測算之精密，天學日見進步，卽納氏對數原理，淡卡解析幾何，算學上之發明，有助於天文者亦不少。希愛納與迦氏結不解之讐，而與刻氏有知交之誼，故根據刻氏之原理，而改良迦氏之遠鏡，不僅密測日中黑子，並發明日面白斑，其

測驗之功，亦良足稱也。

當十六世紀末葉，西法初入中國，利瑪竇湯若望等供事曆局，徐光啓李天經等相繼提倡，譯著甚富，而魏文魁墨守舊法，年老自負，冷守中拘執元會，不明實測，議論多端，徒事紛擾。獨吳江王錫闡學貫中西，閉戶潛修，晝夜密測，天晴必臥鴟吻間，枕書觀象，嘗謂古法之未可盡非，西法之尙有未善，舉中法之長以闡明之，擇西法之短而求精之，深於測算之功，富於創造之力，自撰曉庵新法六卷，論交食分數，兼及所虧之邊，求太白蝕日（今謂之金星過日）兼推出入二限，列氏羅圖夫表所未有也。崇禎四年十一月十四日（西元一六三一年十二月六日）爲金星過日之期，王氏早經預推，及期密測，其推算法與日食相似，惟有出入二限，與今推初終外切相同，亦猶其推五星掩食有初終二限。但王氏於金星，全體入日而時，所見小黑圓影，謂之日中黑子，不免與日斑誤混，然其預推之密，目覩之親，亦足彪炳史册。英人哈羅克斯在一六三九年十二月四日，測見金星過日，僅得三點：一在三時一五分，金星距日心（日面中心）一四分二四秒；二在三時三五分，金星距日心一三分三〇秒；三在三時四五分，金星距日心一三分。因哈氏觀測之地，近利物浦之小村，北緯約五三度三五分，至

三時五〇分，已經日落，不及詳測矣。世人皆以哈氏為實測之第一人，而不知尚在王氏之後八年，曉庵新法早行於中國，誰謂中國無人哉。哈羅克斯一青年教士耳，具天學之奇才，此次測候年僅二十，雖後於王氏，亦難能可貴；且於日之視差，月之行道，及土木二星之運行，皆有精密之測算。惜享年僅二十二歲，亦猶日落之過早，未竟其觀測之全功，然在中西天文史上，已足媲美吳江，各樹一幟者也。（註三）

自迦氏創造遠鏡以後，歐洲市場，爭相仿造，然質材粗劣，工藝不精，無有勝於迦氏原製者。希愛納所用刻氏式，稍見進步，當時各國光學家天文家莫不窮思苦索，力謀改良，以冀有新發見。哈羅克斯之友名蓋司空尼者，於一六三八年推算焦點距，創蓋氏式之遠鏡，並造測微器，立近今之基礎，觀測五年，用以量日月五星之視徑，頗為精密。一六三九年，佛逆造分微尺，其用益廣，今即以其名名之。同時德天文家希維利（一六一一至一六八八年）以遠鏡觀測著名，初造一鏡，口徑約二吋，長約六呎，詳測月面現象。一六四七年著月面圖說（Selenographia）圖繪刻工，皆極精細；引用山海諸名稱，月面無水，因低窪之區，彷彿地面之海洋，故希維利以晴海（Mare Serenitatis）南海（Mare

Australe）等名，比擬太平洋南大洋之類，月面之山，亦以地面之山比擬之，至今仍多沿用。後利谷力（一五九八至一六七一年）又增寰形諸名稱，大抵以人名名之；後世測驗愈密，名目愈多，亦無從譯意。今測定最高之山約三千呎，最大寰形之徑約一百五十哩。希維利又搜羅歷代彗星之記載，而著彗星考（一六五四年）論述彗星之行度及現象，而著彗星解（一六六八年）復撰恆星表，凡一千五百星，較第谷爲詳，但未由遠鏡觀測也。最後又自造一百五十呎之無筒遠鏡。（註四）

迦氏遠鏡力弱，測見土星兩旁光體，而不解其理，或有謂如搖鼓之兩耳，五十年來，無人能揭其祕；至德天文家海更士（一六二九至一六九五年）始恍然而悟，測定其爲土星之光環。海更士精於測算，長於學理，實十七世紀之科學大家，天文上之各種發明，猶屬其一部分之工作耳。海氏深知遠鏡之強弱，全在靈視之優劣，有弟康斯坦丁素受薰陶，亦明天學，創磨琢靈視之具，遵乃兄指導之方，相得益彰。至一六五五年始成十二呎長之鏡，即用以觀測土星，乃於三月二十五日之夜，發見土星最大之衛星。（Titan 以距土星之次序計之，爲第六衛，）昔迦氏測得木衛之後，原冀有土衛之發見，不意祇見兩旁光體而莫決；今海氏原欲解決兩旁光體，而不意先見一衛，故當時得意忘形，遂

謂「地與五星月與五衛太陽系之十二體已全」矣。繼細測光體，不能十分清晰，知遠鏡之力尚不足，於是再造一鏡，長二十三呎，口徑二吋又三分吋之一，約大百倍，密測四年，遂發前人未發之祕，始悟光環之理。一六五九年著土星系說（Systema Saturnium）論土星繞日運行，光環向地現象。以土星繞日半周約十五年間，光環隱見之時，正側之象闊狹之度，繪圖貼說，準確詳明。又搜集前人所測之圖，擇其類似環形者凡十三，按其時間之先後，以明光環之形狀，更為明瞭。海更士弟兄曾造遠鏡多種，其著名者，口徑有六吋之大，贈與英國皇家學會，至今保藏焉。

昔盤爾紀創造擺鐘，其法未傳，迦利略所創擺鐘，以人工撥動，不久即停；海更士始用重量懸擺，成計時之天文鐘，測二星過子午線之時，以推東西距度，而定星之方位，觀象授時，始合其法。（一六六七年法人畢考特從其法，為巴黎天文台主要工作）又著擺鐘說（Oscillatorium Horologium）論擺動之周期與擺長及引力之關係，創單擺之公式，又論圓運動之向心力與速度及圓徑有比例，已開牛頓引力之先。

迦氏以後實能改良遠鏡者，當以海氏為第一人，然不久蘇格蘭算學家格里古來於一六六三

年，又發明返光遠鏡，今部名之曰格氏式返光鏡。其法用拋物面大鏡，以收星光，復置小鏡於焦點，使所聚之光返照而入目。著光學原理一書，說明構造之理，次年招倫敦光學家拉哀甫試造六呎大鏡，而磨擦鏡面未得其法，蓋當時以布擦拭，自難光潤，故未成功；直至一六七四年霍克始得造成。惟一六七五年格氏亦自成一鏡，不幸即於是年去世；格氏以後牛頓從而改良之，今名牛頓式返光鏡；牛頓以後侯失勒威廉又從而改良之，今名威廉式返光鏡。（折光鏡光線透過靈靦，難得巨大之物料，故至今最大之折光鏡，口徑爲四十吋，係美國克勞克公司所造，在野克司天文台，距今將四十年；而返光鏡光線由鏡面反射，祇須得相當之鏡面，今最大之返光鏡，徑長一百吋，係美國霍堪公司所造，在威爾遜山天文台，未及五年，又將造二百吋之返光鏡矣。）

海更士後，天學中心，遂移至巴黎，考大地測量，自希臘阿拉伯以來，至一六一七年，荷蘭物理家司內爾始創三角測量法，測得子午線一度之長爲六十七哩。後由其門人覆測爲六十九哩，與今所測定之數，不過數百呎之差。一六三六年，英人拿胡特測倫敦與約克之距離，所得每度哩數，亦相差無幾；至一六七一年，畢考特在巴黎近郊，又經實測，最爲密近，一度之長亦定爲六十九哩。畢考特爲

巴黎天文臺創始之人，裝置象限儀於遠鏡，以測星之方位，開後世赤道儀之法。

海更士首先發見火星之自轉，測定軸轉周期爲二十四時。（今所定爲二四時三七分二二·五八秒，）後有葛西尼者，意大利天文家也，有名於時，測定火星自轉之外，又測定木星之自轉，並發見金星之自轉，復測算木衞行度表。一六六八年畢考特慕其名，請於法王路易十四，延爲巴黎天文臺第一任臺長至一六七一年天文臺設備，大旨楚楚；當年葛西尼卽發見土星第二衞，（Japetus今列爲第八衞）明年又發見第三衞（Rhea今列爲第五衞）一六八四年復發見第四第五衞，（Dione 今列爲第四衞 Thetis 今列爲三衞）（註五）。葛氏測驗土星又得重要之發明，見光環中間有一黑環，適分光環爲二，近土星者爲內環，遠土星者爲外環。此黑環今卽名之曰葛西尼環至一六九三年重修木衞表，較前益密，葛氏在巴黎工作殊多，而畢氏之薦賢亦不虛也。

一六七二年，巴黎天文臺派利屈爾至法屬南美開延納島觀測，非葛氏所派，卽畢氏所派，但今亦未能考其詳。利屈爾所攜擺鐘，原在巴黎校正時刻，及至該島，擺鐘並未改動，而每日遲二分半，因開延納島近赤道，約在北緯五度，地心引力比北地爲大，足以減少鐘擺振動之力，故遲及二分半擺

動周期與擺長爲正比例，與地心引力爲反比例，海更士已定公式；今擺長未動，而時間有差，則必爲地心引力之變遷，各處引力不同，因距地心有遠近之故。由是可知地非正球而爲扁球，已開牛頓之先。測算地形之法，今有三種：一三角測量法；二地心引力法；三月球運動法。由擺動以測地心引力，藉知地球之扁率，雖不如三角測量之精，然亦可補其不足；因地面之已經測量者，尚屬小部分，其他海洋等處，不能用三角測量，故用擺測最爲便捷，即在海底潛水艇上，亦可測驗也。至近代白郎用月球運動法，因歲差章動及月行參差，而推地爲扁球，所得扁率甚密，而推算極繁，非初學所宜，近時試用飛機測量，尚未臻盡善也。

利屈利在南美所測火星之位置，與葛西尼等同時在巴黎所測者不同，由是校驗兩處測簿，推得火星之視差，葛氏復據此以推日月之視差，得日之距地，比月遠約三百六十倍，并推定日視差爲九秒半，距地之數約八千七百萬哩，（今所定日視差爲八·八秒，日地距爲九千三百萬哩，）比諸今測，雖尚嫌其疏，而比諸古測，已密不少矣。

巴黎天文臺尚有一重大之發明，即由木衞交食之理，以推光行速度，爲十七世紀之大事，亦天

文史之要案也。當一六七二年之春，巴黎天文臺有葛西尼主任其事，故畢考特可游歷他國，爰往丹麥黑文島藉瞻兩宮之名勝，訪求第谷之遺緒，得識青年學者勒墨爾，深通天文，大爲賞色，遂邀之同返巴黎，爲測天之助。勒墨爾研究木衞行度甚切，深知木星軌道在地道之外，當其衝日時，地在星與日之間，而木星距地近，當其合日時，日在星與地之間而木星距地遠。最遠與最近之差，卽爲地道全徑，此固顯見者也。一六七五年，校勘歷年木衞測簿，發覺木星近衝日，測得之時必略早於推得之時，木星近合日，測得之時必略遲於推得之時，詳考諸時差及諸遠近差，與最大時差一六分二六・六秒，及最大遠近差地道全徑，比例皆同。因悟光自遠而近，行若干路，必歷若干時，速度雖大而必有一定，反覆推求，無不吻合；遂定爲每秒光行十八萬五千哩。時人猶疑其過大，不甚深信。後白拉里發明光行差，所得光行速度，相差不及八十分之一，卽後世所定之數，相差亦不遠，足證勒墨爾測驗之功深，而畢考特羅致之得力也。一六九〇年，勒墨爾創造經緯儀及赤道儀，於是星之地平經緯及赤道經緯皆可精密測定，今測量所用者卽經緯儀，又名地平經緯儀，而天文臺大遠鏡之裝置，皆係赤道儀式，勒氏創始之功，不亦偉哉。

當巴黎天文事業發達之時，正英倫天算大家勃興之日，畢考特羅致意丹兩國天文士，游歷黑文島，訪第谷之舊餘，而不知英倫三島之中，有垂名千秋，爲後世師宗之大天文家牛頓在焉。利屈爾發見引力變遷之日，正牛頓證實地體扁圓之時；勒墨爾測定光行速度之日，正牛頓發明光有七色之時。英法僅一水之隔，而未嘗稍通消息，不然畢考特諸家，可得牛頓之助當不少也。牛頓集各家之大成，爲天縱之奇才。哥白尼創行星繞日之法，而未明其象；刻白爾得行星繞日之象，而不言其理；牛頓因蘋果墜地之常事，而推及行星繞日之原理，創萬有引力之定律，立天體力學之基礎。發二千餘年前宣夜行止之秘，開二百餘年來天學發皇之源，牛頓一人之力也。

牛頓一生事業，可分爲三大期：第一期，在二十三歲以前（一六四三至一六六五年）爲求學時代；第二期，自二十四歲至四十四歲，（一六六六至一六八六年）爲創作時代；第三期，自四十五歲至八十五歲（一六八七至一七二七年）爲從政時代。故其精力所萃，科學上之偉大發明，盡在第二期中，服官以後，無暇及此，不過以早年著作略加修正而整理之耳。牛頓於西元一六四三年一月四日，（當時英國尚用舊曆，適爲一六四二年之耶誕日，）生於英國林肯州之胡兒乍泊村，遺腹

之子，家固貧，幼托外祖家，十四歲習耕作，而求學之心甚堅。常刻苦自修，十八歲得入劍橋屈林內的大學，長於算學；二十三歲（一六六五年）畢業於普通科，得學士學位，留校任職；一六六八年得碩士學位；次年升任算學教授；越三年被選爲皇家學會會員。自畢業以後，服務母校二十餘年，即爲其創作時代，此二十餘年之歷史，實牛頓之一部科學發明史。其科學之著作，可分爲三部，一天文學（力學附之），二光學，三算學。其天算巨著爲哲算原理，（Philosophiae Naturalis Principia Mathematica）論天文學上各種新發明及力學原理，萬有引力之應用於天文者也；其算學上之發明，所以助天文之測算，光學上之發明，亦所以供天文之應用：名爲三部，其實皆天文也。

牛頓算學上之發明最早，乃在其初畢業時，當其在求學時代，素長於算，畢業後任職教席，研究益深，初由級數而發明二項定理，由此推而爲微係數，創微分法，專備測算之用。同時德國算學家拉白切希亦發明微分法，當時二人頗相爭執，函牘往返至數十次之多；其實各自發明，不相爲謀，因同時行世，遂起誰先誰後之爭耳。

牛頓光學上最大之發明，爲日光之分析，與微分法同年創作（一六六五年）。因見雨後日光

返照，天空現虹環之諸色；推究其理，悟光線經雨點而曲折；用三稜玻璃試驗之。當日光突入窗穴小孔，使其經過三稜玻璃，果現如虹之象，起於紅色，順次由黃而綠而藍而青，而終於紫色；乃悟日之白光，由諸色綜合而成，經三稜玻璃之後，各色之折光各異，遂顯分別之象，此分光學之原理也。嗣後諸家愈推愈密，遂成近代物理天文學之大觀，而諸星物理之性質，化學之成分，運動之向背，皆可得而測驗之；牛頓創始之功，不亦偉哉。

當時格里古來創返光鏡之法，而未能自造，所招倫敦光學家，亦未得其法，不獲告成。牛頓深知光線經折光鏡之靈視，必曲折而呈諸色，雖還聚於焦點，仍有雜色模糊之慮，若格氏之返光鏡，光線由鏡面而返射，可免此弊；乃在得碩士學位之年，卽格氏創法後五年，變其式而改良之，自造返光鏡，卽今所謂牛頓式者是也。惟因鏡面之磨琢手續頻繁，機械之製造，工作未精，故所造之鏡，徑不逾吋，徒具模型，未合實用；是以五十年來，尚未有返光鏡足以勝當時之折光鏡。直至侯失勒威廉，造成大鏡，始獲天文上之新發明；然牛頓手創之功，自不可沒。今其鏡珍藏於英國皇家學會，與意大利博物院所藏迦氏手造之折光鏡，並垂不朽。

讀天文史至十七世紀末，凡精於測算明於象數者代有名人，而能如牛頓之觀一象必立一數，創一法必推一理，鉤深致遠，探本窮原者，未之有也。其生平於科學之發明，至多且偉，而最著名者凡三，一即微分法，二即分光法，已如上述，三即萬有引力，發天體運動之祕，開近代天文之鑰，其大著哲數原理，即以此為骨幹，書分三大卷，而冠以緒論，一六八七年七月出版，言象言數，言法言理，莫不深切著明，言下見象，句中有圖；牛頓之所以超越前人，克成為古今大天文家者，其在斯也。爰擇要論之，以覘大概：

一六六五年與一六六六年之間，劍橋時疫流行，牛頓避居家鄉，服務母校二十餘年，離劍橋者惟此一次，而不意偉大之發明，萬有引力之創作，即肇端於斯時。科學家之偉業，每起於一事一物之微，昔懸燈隨風，迦氏創擺鐘以診脈，今蘋果墜地，牛頓推引力以測天；前後輝映，千古傳為美談。當時牛頓憩息園林，忽見蘋果下落，遂悟地與蘋果之引力，而創萬有引力之定理，言「宇宙間物體之質點，俱互相攝引，而引力無不達，凡兩物體之引力，與質量之積成正比例，而與距離之平方成反比例。」牛頓推想蘋果墜地，垂直而下；若斜拋一石，則成曲線而墜之稍遠；若放射槍彈，則所墜處更遠；

若速度愈大，其墜地之處愈遠，終將繞地環行，而不墜於地。月行甚速，故繞地而轉，其理自明；推及地與行星之繞日，同出一理。於是牛頓又悟二球體本各行直線道，因互相攝引，必成曲線道，或彼體繞此體，或二體共繞一公重心；其道必爲圓錐曲線之一，視其速率方向及相距遠近而異，所繞之心，必爲曲線之一焦點。行星動徑及速率，刻刻不同，恆成反比例，而動徑所經過之面積同，則歷時亦同；於是刻氏之定律，遂得其解。地球率月繞日，而日不動，蓋日之質量大，地月之引力甚微；地繞日心，或繞重心，無須分別，因日心與重心甚相近，俱在日體之內也。

牛頓又推得月與地亦共繞於公重心，重心與地心相近，在地體之內；故月繞地，地又帶月而繞日。因月距地近，故月恆隨地；若相距過遠，則月必離地，各獨行於繞日。然月距地雖甚近，而受地之引力，小於受日之引力；故朔望時起大潮，而在上下弦時起小潮，可知潮之起落，不僅與月有關係，且與日之引力有直接影響也。

牛頓復推定彗星之行道，亦必爲圓錐曲線之一，非行於橢圓線，即行於拋物線或雙曲線，而太陽卽在其一焦點。如其行於拋物線或雙曲線者，則此彗來如無窮，去向無垠也；如其行於橢圓線者，

則循環往復，此彗必去而復來，後哈雷之發見周期彗星，即據此理也。

牛頓又因萬有引力之理，證明地球自轉因離心力而形成扁球。當地球自轉之時，各質點皆旋轉於平圓周上，與赤道相平行，各圓心皆在地軸之上，可知離心力在赤道最大，愈近極愈小，至極而無；各質點之離心力，由分力之理，可分爲二力，一力與地心引力之方向相反，足以減輕物質之重量，一力延地面以向赤道，足使物質移向赤道，惟因地體堅固，足以抵抗之而無大變化，故地因自轉，致赤道膨脹，兩極略扁；此亦牛頓之重要發明也。當時測地之法未精，惟畢考特所測，著名於時，而尙未測其扁率，故十八世紀初世人尙未能深信；自一七三五年至一七四四年間，孟柏脩在拉伯來，部額在祕魯，各測子午線之弧長，雖未十分精密，而地球扁形，已經證實。十九世紀以來，各國專家迭經實測，皆極精詳，最長之弧，有測至二十八度者，其間最著名者，當推一八四一年德人白賽爾，一八八〇年英人克拉克，一九〇七年德人漢麥德，一九〇九年美人海福特。至一九一一年國際天文會在巴黎決議，採用漢麥德所測之赤道半徑，及海福特所測之橢率；一九二六年大地測量學及地球物理學會國際聯合會議，議決定採用海福特所測之數值，茲錄之於下：

赤道半徑　六三七八・三三八公里　三九六三・三四哩

極半徑　六三五六・八一二公里　三九四九・九九哩

橢率　二百九十七分之一

牛頓哲算原理中，又論行星之自轉，及距離之遠近，甚詳，並推及恆星之距離，自成一家言，皆爲前人所未及。其歷年著作，皆成於劍橋二十年中，易稿數次，未嘗公布，後哈雷慕名來謁，遂成知交，屢求請益，力勸付梓。牛頓乃整理舊稿，彙爲巨帙，題其名曰哲數原理，而印刷之貲，校對之煩，俱由哈雷一人任之。故牛頓之巨著，得行於世者，哈雷之功也，而哈雷之卒成爲十八世紀天文家者，亦牛頓之賜也。

(註一)班野星圖載在天文大觀，(Shilips's Splendour of the Heavens)

(註二)刻白爾宇宙之祕，其立體圖載鄧肯天文學第二〇三頁，(J. C. Duncan's Astronomy, P. 203) 平面圖載夏氏天文圖書考原。

(註三)戰神火星之名也，自巴比倫以神名配五星，希臘承之，惟神名各有不同，中古時代羅馬神話，源出希臘，而神名皆係拉丁文，茲以五星之神名列後，足見刻氏之言，自有來歷，亦根據羅馬神話也。

火星 Mars 戰神之名。

木星 Jupitor 天神之名，土星之子。

土星 Saturn 時神之名，木星之父。

水星 Mercury 商神之名，火星之弟。

金星 Venus 愛神之名，火星之姊。

(註四)參觀曆法通志明代曆法。

(註五)參觀別爾所著遠鏡論，(L. Bell's Telescope, 1922)

(註六)行星各衛，陸續發明，發明之先後，與距星之遠近次序不同，今以距星之次序，列表於後，而以發明之日期，附注於下，以便參考。

			距星	
火星之衛	1	Phobos	九三八〇公里	一八七七年八月一七日花爾
	2	Deimos	二三四六〇	一八七七年八月一一日花爾
木星之衛	1	無名	一八一二〇〇	一八九二年九月九日盤那特
	2	[illegible]	四二一三〇〇	一六一〇年一月七日迦利略
	3	Europa	六七〇五〇〇	一六一〇年一月八日迦利略
	4	Ganymede	一〇六九三〇〇	一六一〇年一月七日迦利略

5	Callisto	一八八一○○○	一六一○年一月七日迦利略
6	無名	一一四五○○○○	一九○四年一二月泊爾林
7	無名	一一七三○○○○	一九○五年一月泊爾林
8	無名	二三五○○○○○	一九○八年一月米洛德
9	無名	二四一○○○○○	一九一四年七月尼谷爾遜
土星之衛			
1	Mimas	一八五七○○	一七八九年七月一八日侯失勒威廉
2	Enceladus	二三七九○○	一七八九年八月二九日侯失勒威廉
3	T	二九四五○○	一六八四年三月二一日葛西尼
4	Dione	三七七二○○	一六八四年三月二一日葛西尼
5	Rhea	五二六七○○	一六七二年一二月二三日葛西尼
6	Titan	一二二○○○○	一六五五年三月二五日海更士
7	Hyperion	一四八○○○○	一八四八年九月一六日本特
8	Japetus	三五五八○○○	一六七一年一○月二五日葛西尼
9	Phoebe	一二九三○○○○	一八九八年畢堪林

天王之衛	1	Ariel	一九一七〇〇	一八五一年一〇月二四日拉斯爾
	2	Umbriel	二六七〇〇〇	一八五一年一〇月二四日拉斯爾
	3	Titania	四三八〇〇〇	一七八七年一月一一日侯失勒威廉
	4	Oberon	五八六〇〇〇	一七八七年一月一一日侯失勒威廉
海王之衛	1	riton	三五五七〇〇	一八四六年一〇月一〇日拉斯爾

三　十八世紀天文學史

當十七世紀後半葉，巴黎天文臺實測之功，超越前代，牛頓萬有引力之理，彪炳千秋，英法兩大宗派，同時並進，皆有助於天學者至深且巨。迨十八世紀中，牛頓之學理，英國反無人繼起，而法國算學家研究甚力，巴黎之實測，法國反無人重視，而英國天文家相繼提倡；於是牛頓之引力天文學盛行於法，而巴黎之觀測天文學盛行於英，易地流傳，豈不奇哉！觀十八世紀以前，各家之致力於天文者，皆不出太陽系範圍，恆星之研究，不過幾種星表，雖十七世紀初，法必脩首測變星，馬流始測奎宿星雲，海更士初見參宿星雲，亦不過零星片段，未有系統；至十八世紀哈雷發見恆星之自行，白拉勒發明光行差，始開恆星天學之源，侯失勒威廉發見天王星，始破古來太陽系之範圍，而雙星變星星團星雲，莫不有詳細之觀測，宇宙之構造，銀河之組織，星象之原始，皆視為重要之問題，故十八世紀遂成為恆星天文學及論理天文學之時代，是由觀測天文學及引力天文學之進一步者也。

英國天文家與牛頓同時者，有二人焉，一曰佛蘭斯德，一曰哈雷。佛蘭斯德專心實測，不尙理論，不以牛頓爲然，哈雷長於理論，兼重實測，素以牛頓爲宗；故二人之意見不相合，而二人之成就，亦大相逕庭也。佛蘭斯德能於天文史中佔一席地者，因其所測恆星表，異常精密，足爲後世參考之藍本，雖無所發明，而一生刻苦觀測，亦良足多也。佛氏之生，後於牛頓四年，（一六四六年）幼年卽致力於天學，嘗著專門論文，嶄然露頭角，頗得時人之譽；一六七五年受政府之聘，任海上經度測量委員會委員，其計劃足以增進英國航業者不少，英王却爾斯第二大爲嘉許，遂授以皇家天文家之職，年俸百磅。當年六月，准在格林威基建造天文臺，翌年七月臺成，佛氏爲第一任臺長，時在葛西尼入巴黎天文臺之後五年。當時格林威基天文臺規模狹隘，不如巴黎遠甚，既無測驗之器，又無助理之人，僅給佛氏以微薄之俸。佛氏以自有之器，及富紳所捐之器，暫充應用；復以歷年薄俸所節之款，添置必要之器；數年來政府所給者，惟刻苦之工作而已。佛氏又不得不自斥私資，以招助理之人；復以寶貴之光陰，彙課生徒，以維生活。佛氏最著名之作爲恆星表，凡二千九百三十五星，（內有十二星重出，）皆經精密測算。昔第谷表最爲著名，其平均差誤不及一分，今佛氏表平均差誤不及十秒；當時

儀器，無今日之精，而能得此良果，實屬難能可貴。佛氏於實用天文學，頗多創作，如測定春分點之法，爲恆星經度起算之原，至爲重要，用遠鏡以測星之方位，用時鐘以定星之經度，皆開後世測星之宗法。凡一星之位置，必幾經測算而後定，如推算器差人差及蒙氣差等，復比驗迭次觀測之差，工作極爲繁重；如近今天文臺，皆由助員計算，而佛氏則無不親自爲之，積年久測，煞費苦心，非自認精密，概不公布。

佛氏與牛頓哈雷時起爭執。有因月行學說，與牛頓見意不同，遂詆之曰：「牛頓之工作，予所掘之礦士也。」牛頓聞而譏之曰：「彼掘礦士，我已製成金戒矣。」其與哈雷之爭，則因一七一二年哈雷印行佛氏之觀測，未得佛氏之同意，至罵哈雷爲「害人之賊」，乃於三年之內，盡收未售之書而毀之。嗣後遂以久經預備之恆星表付印也，其第三卷於一七二五年，由其徒編輯付印，四年後，復發見其恆星圖，亦甚精密，久經依用。佛氏卒後，皇家天文家之職，由哈雷繼之。

哈雷之生，後於佛氏者十年（一六五六年）幼習天文，二十歲時撰行星軌道圖解行於世，是年哈雷以南天星象，英國不能見，乃遠往南大西洋中聖海倫那島，（即一八一五年拿破崙被放之

島）在南緯十六度，故南極諸星，皆得望見。無如是島氣候不良，測候一年餘卽返國，在島所測南天恆星凡三百四十一星（次年印行）。擺動周期迭經測驗，證明地心引力近赤道小，近極大，與數年前利席爾在南美所測者，其理相符。復實測一六七七年十一月水星過日，返國之後，致力於天文著述，一六八四年獲交於牛頓，數年切磋，得益良多，並爲牛頓印行哲數原理。

哈雷天文著作甚多，發明亦不少，其著名者卽發見周期彗星是也。一六八〇年及一六八二年兩見彗星，哈雷細測其行道，復以舊時紀載之諸彗，依牛頓定理逐一推算。一七〇五年撰彗星天文略（Synopsis of Cometary Astronomy）凡二十四彗星之軌道，皆經詳細推算；乃發見一六八二年彗星之軌道，與一六〇七年刻白爾所測之彗，及一五三一年愛拜因所測之彗，現象相似，期間相近，復上推一四五六年之彗，有亦相似之點，於是斷定其爲同一彗星，環行於長橢圓道，約七十六年而一周，因預推一七五八年，此彗必將復見，并言或因行星之攝動，周期容有參差，但是年此彗復見，哈雷已不及目睹，而正合其預測之期，此周期彗星之第一次發明，後人尊崇其功，故以其名名之，曰哈雷彗。彗星之行道，必爲圓錐曲線之一，牛頓已言之，然其行甚速，在地所見之行道甚短，其曲線

一部分，頗難分別，而哈雷能測得其爲橢圓道，已屬甚難，且當時天王海王二星尙未發見，行星攝動之理，無精密之計算，而哈雷能得其周期，更爲難之又難；其發明之功，安得不爲世界所推崇；豈僅足以破古來之迷信哉。

一六九三年哈雷發見月繞地之運動，其速度微有增加，因在皇家學會宣讀其論文，大旨謂推算古代日食，當首先注意月行之變遷，卽今所謂月行之長期加速度；嗣後諸家預推日月食，皆以此爲主要之變數，而推求益密，亦哈雷創始之功也。哈雷復預推一七六一年及一七六九年兩次金星過日，足以推算日之視差，而得日距地之確數，因其在聖海倫那島觀測水星過日之後，卽悟其法；但以金星過日之時間較長，最爲適用。其法卽由兩地同時觀測金星過日之出入二限，以推其經過日面之時間，由此可得日之視差，必甚精密。哈雷創此法而自身不及見十八世紀各國天文家，有實測之機會，遂依其法而至各地測驗也。如一七六一年六月六日及一七六九年六月三日，測得視差在八九秒之間，已頗密近；迨一八七四年十二月八日金星過日，中國望之最佳，英法俄美各國，派天文家至北平烟台廣東，以及日本印度各處測候，推得日之視差爲八・八秒或八・九秒。至一九一一

年國際天文學會決議爲八・八秒，而日距地之平均數爲一四九五〇四二〇〇一公里，合九二八八九七四一六英里。

一七一八年，哈雷觀測恆星，校驗舊表，發見大角天狼畢五之黃道度，自多祿某以來，已有移易，而天狼一星尤爲顯著。即自第谷以來，已見變遷，屢經推勘，知非黃道之移動，因其他諸星相與之方位不變；亦非觀測之有誤，因前人星表，亦甚密近，決無此種參差；遂證明恆星之南行，確係自有運動，於是後世之所謂恆星自行者，始見端倪。恆星不移，自古傳爲定論；千年前唐一行測見畢觜參鬼之南行，已開西洋之先，後人不加注意，至哈雷而始復明，立十八世紀恆星天學之基礎，而恆星之名稱，亦遂根本搖動矣。

哈雷除上述各種發明外，其主要工作，爲測著月行表及行星表，並發見土木二星之互相攝動，此哈羅克斯首先測見而未明言其理。哈雷雖非算學家，不能以攝動之理，創立公式；而實測所得，其數甚密，故行星表莫不以此項攝動入算也。其於月之運行，研究益密，自一六八三年始，迭經觀測，未嘗稍懈；雖至一七一九年曾經付印，而不願公布，尙擬精益求精，有所修改也。一九二〇年繼任佛氏

皇家天文家之職，爲格林威基第二任臺長；當其接收之時，臺中幾空無所有，因所有儀器，原係佛氏私產，早經其後人攜去而哈雷年事已高，（時年已六十三歲，）壯志漸消，不過略備數器，足敷應用而已，未嘗有所創制。惟於月行之觀測，仍繼續努力不稍衰，幸獲享大壽，復經二十年之功，畢身偉業，克觀厥成；其月行表及行星表，至哈雷卒後十年，（一七五二年）始由天文臺付印行世，一時奉爲圭臬。

繼哈雷之職，任第三任臺長者，亦英國著名天文家，名白拉勒，以發明光行差及章動差著於史者也。白拉勒生於西元一六九三年，二十一歲畢業於牛津大學，得學士學位，二十四歲得碩士學位；其天文知識，則在校外得之。因其母舅榜特，爲文司德脩道院長，長於天文，白拉勒相隨觀測，頓起興趣；乃於一七一五年得學士之下一年，及一七一八年得碩士之下一年，發表兩次天文著作，名重一時，遂被選爲皇家學會會員。不久又得文司德兩種牧師之俸，頗多餘暇，遂得致力於天文；故利迦德序其著作，有云：『初不料白拉勒之天文工作，能成爲終身偉業，而克享盛名者也。』一七二一年，受牛津之聘，任天文教授，位高事簡，仍家居文司德。其母舅於一七二四年去世，白拉勒至一七三二年，

始移居牛津，略攜數器；其著名之器，爲天頂分角儀，仍留文司德，卽由此發明光行差及章動差者也。

一七五二年，任格林威基臺長，已在哈雷卒後十年；當時天文臺儀器殘闕，設備簡陋，測候之功，不絕如縷。白拉勒任職之始，卽力事整頓，未及數月，已將重要諸器，修配就緒，遂得照常觀測，按期工作；但其重要之發明，則在文司德時所得也。

一七二五年十二月，白拉勒擬測驗恆星之視差，因觀測天頂星，（卽天棓四，當其過格林威基子午線時，正在天頂，故英人名之曰天頂星，）覺微有變動；於是屢經細測，見此星每閒六月，變易方位，一年之後，回復原位，其差約四十秒；再觀其他近天頂之星，亦有同樣之現象。苦思冥索，不得其解。一日乘舟渡泰晤士河，風平浪靜，獨坐閒眺，見桅端小旗，每在轉帆易向時，其對岸之方向必略變；因思舟之行動影響及於小旗，欲定小旗之位置，須知風之速度及方向，並舟之速度及方向。由是推想定星光之入目，須知此星之位置及速度，並地行之方向及速度，今小旗猶星也，地球猶舟也；於是頓悟光行差之理。蓋光行有一定之速度，而地行亦有一定之速度，星光及地因生微差，謂之光行差。凡物發光入人目，人始見物；然人所見之光，非見時所發之光，乃未見前所發之光也。故光自物至人目，

其間所經之時，卽物自發光至人得見物之時也。今光行速度每秒鐘十八萬六千哩，不可謂不速，其所經之距離，亦不可謂不遠；然日光及地，尙需時八分十七秒。地球繞日而行，每年一周，每日約行一度弱，卽每分鐘約行二·八秒之弧度，則八分十七秒之時間，地球在軌道上約行二十秒之弧度，卽日自發光及地，地已行過二十秒之弧度矣；此光行差之所由生也。譬如人立雨中不動，雨俱直下，張傘在頂，雨不溼身；若疾行向前，則雨將斜入傘下，撲面而來，故必以傘向前傾斜，以避雨點，其理相同。如以遠鏡窺星，必將鏡筒傾斜若干度，則星光由鏡達目；其傾斜之度，名曰光行差角。當時白拉勒測得光行差常數，在二〇秒與二〇·五秒之間，與今巴黎會議所定者，（二〇·四七秒）相差甚微。（註一）

白拉勒研究恆星位置之移易，在光行差之外，復發明章動差。章動差者，地軸搖動旋轉，若浪紋之進行，約十九年而一周；設無歲差，則此十九年中，赤極必行成一小橢圓，長徑約一八·五秒，短徑約一三·七四秒，長徑恆向黃極。地軸有此動，故天空諸星，在十九年中，與赤極必乍近乍遠，而分點在黃道必乍進乍退，恆星之黃赤道經緯度必乍加乍減，其數雖微，而恆星每因此而變其方位；故凡

言星之經緯度，必當指明某年月日。歲差章動，皆由地軸之動而起，渾天全移，若挈諸星以同行，而諸星相與之方位不變；亦猶舟在中流搖盪，視陸上諸物，俱生變動，而諸物自身位置如故。白拉勒發明章動差，約在一七二七年之後，但其必候至十九年，得實測一周之數而始確定；故其正式公布，乃在一七四八年。白拉勒原擬測驗視差，雖未如願，而得此二大發明，有助於天學者甚巨，亦足以償其苦心矣。

光行差，章動差，歲差，蒙氣差，以及器差人差，皆為測望差之最重要者；測定恆星之經緯，必須入算。白拉勒又脩改蒙氣差表，較前益密（後沿用近百年）；故其觀測恆星，工作浩繁，自一七五〇年至一七六二年，所測有六萬次之多。其卒後印行兩大册，一七七三年英國航海通書之星表依用焉。據後德天文家白賽爾言，「白拉勒表恆星赤緯度所差不過四秒，赤經時所差不及一秒」；故在白賽爾表（三千星）行世以前（一八一八年），當以白拉勒表為最密。白拉勒測驗木衞，亦極精詳，發明木衞內三星行動之變易，每四百三十七日而一周；當時瑞典天文家華勤丁（一七一七至一七八三年）亦經測定，或在白拉勒之前；但不相為謀，各自發明也。白拉勒又依勒墨爾之法，測定光

行遠度，復據迦利略之法，測定立司朋與紐約之經度，皆極精密；足證其測驗之功深，有勝於巴黎天文臺諸家。即一七五二年英國改用新曆，亦白拉勒之力也。

繼任白拉勒之職者，爲白力斯，在職僅二年，無所創改。後繼者爲麥司克林，在職近五十年，以首測地球質量著名；其測驗之法，世稱山嶽法，即測山嶽之引力，與地球之引力相比，復測山嶽之質量，與地球之質量相比。一七七四年，麥氏在蘇格蘭險黑嶺，南北各設一測站，擇其在同一子午線上，兩站各懸一擺，測得兩站地理緯度差，爲四十一秒，兩站天文緯度差爲五十三秒；知天文緯度比地理緯度大十二秒，即兩擺鉛直線向山偏斜，每邊各六秒。由是據牛頓定律，推算地球與山嶽之引力及質量，惟所得之數，未能密合，因險黑嶺東西極狹，南北極長，如山脊之形，密率不勻，又因非正球形物體，其引力不能聚集於中心點，故所測難得正確；惟其創始之功，自不可沒。後十九世紀中葉，愛蘭依其法，在愛丁盤附近亞柴山所測之數已漸密。

一七七八年，英國物理學家喀芬的希創扭衡法以測地球質量，最爲精密。其扭衡之主要部分，係一輕質之棒，約六呎長，用極細之線，懸之使平，棒之兩端，各置二吋徑之小鉛球，另有十二吋徑之

大鉛球二，可由滑車移動之，與小球在同一平面內；小球受大球之引力而擺動，橫棒乃左右旋轉，故名扭衡。其扭轉之度極微，用小遠鏡窺之，復設小鏡，使折光至遠鏡視線之內，全器裝置於箱內，以空氣波動之擾亂。喀氏所用之大球，與麥氏所用之山比測地球質量，其理相同，不過麥氏法須在野外行之，並須藉大地測量及天文觀測以輔助之，手續繁重，難得密合；而喀氏法可在實驗室中行之，故自喀氏發明以後，各家多用之。至十九世紀末，薄哀司又改良扭衡，縮小尺寸，更為靈便；一八八一年德人望覺來復創一簡易之法，特製天秤以試驗之；一八九一年樸因丁復改良天秤，所測益密，或用扭衡法直接求得地球密率，更為便捷。既知密率；以乘地球體積，即可得質量。茲將著名各家所測密率，列表於後，以便參考：

一七七八年	喀芬的希	五・四四八	(楊)
一七九八年	卡林尼	五・四八	(民)
一八三八年	培爾	五・六六	(楊)
一八四一年	拉愛希	五・五五	(民)

一八七二年	卡紐	五・五六	(瓊)
一八七三年	望覺來	五・五六	(民)
一八九一年	薄哀司	五・五二七	(極)
一八九五年	白拉恩	五・五三	(極)
一八九五年	泊利司登	五・五三	(民)
一九二五年	胡德瓦	五・五一五	(羅)
一九三〇年	海爾	五・五一	(麻)

(楊) 采自楊氏天文學 (Young's General Astronomy)

(民) 采自民國二十年天文年曆

(瓊) 采自瓊司天文學 (Jone's General Astronomy)

(極) 采自極佛爾地球學 (Jeffrey's The Earth)

(羅) 采自羅賽爾三家天文學 (Russell-Dugan-Slewart's Astronomy)

(麻) 采自麻爾頓天文學 (Moulton's Astronomy)

巴黎天文臺與格林威基天文臺，前後創立，相差不過數年，當時畢考特葛西尼勒墨爾精心測

候，創制儀象，盛極一時，爲十七世紀世界之先進。英國自佛蘭斯德哈雷白拉勒諸家相繼而起，致力實測，日新月異，卒成十八世紀之盛業，已非巴黎所能望其項背。至十八世紀末葉，侯失勒起，復開天文史之新紀元；蓋巴黎天文臺在十七世紀以後，繼任不得其人，葛西尼之後裔，皆泥拘成法，無所創改，以實測著名者法國惟拉該爾一人而已。同時德國有邁野者，亦以實測著名，與英之白拉勒同爲十八世紀上半葉測天之專家。白氏年最長，拉氏之生後二十年，邁氏之生又後十年，而三人乃於同年去世；雖拉邁二氏，並無重要之發明，而拉氏南星表，邁氏月面圖，皆足爲後世實測之標準，並垂不朽。拉該爾生於一七一三年，初習神學，繼乃致力於天算，曾任巴黎天文臺助員；一七三八年參與法國大地測量，頗著成績。一七三八年，麻闊林學校聘任教席，該校原有觀象臺一所，粗具模型，不足言規模；而拉該爾每遇晴天，常終夜不寐，悉心觀測，又復勤於著述，昕夕不懈。一七五〇年法國科學院遣派觀測隊至非洲好望角，以拉該爾爲主任，實測南天恆星，凡五年，共得二萬餘星，事後推算，列表印行者凡二千星，極爲精密；其餘八千餘星，尙未推算完畢。比諸哈雷之表，奚啻倍蓰。并增南天星座凡十四。（參觀希臘天文史所載星座表）；又發見星團星雲凡四十二，後梅西爾於一七八一年初

測星團星雲凡四十三，越三年增測至一百有三，當時采入法國年曆，著名於世，實拉氏創始之功也。（註二）

拉該爾在好望角除密測南天恆星外，又測日躔月離皆極精密，測驗地心引力，測量地面弧度，復迭測金星火星之位置，以比驗歐洲諸地所測；而推求日之視差；惟所得之數逾十秒，未及白拉勒在英所測之精，亦不如葛西尼在法所測之密。一七五四年返巴黎後，即將各項實測，編著成書，陸續付印。拉氏性素慷慨，所印各書，皆係非賣品，專以贈送同好，而以推算年曆所得之俸，償付其印刷之費。苦心測候，二十二年如一日，既乏精良之器，除好望角五年外，又無助理之人，而測算繁密，著作等身，終以勞瘁過度，年未及五十而卒。

德天文家邁野，生於一七二三年，精研天算，一七五一年任古汀根大學算學教授；越三年主任該校天文臺，係二十年前所創立，原有黃環象限儀，邁野校正其差，藉爲測天之利器。其所編恆星表，凡九百九十八星，以實測所得，校驗勒墨爾及拉該爾兩表，詳列諸星自行之度。其所測月面圖，凡山海寰形之位置及形狀，測繪詳審；又以幾何學理解釋月之天平動，而測定其旋轉軸，皆爲前人所未

有。邁野卒後，此二種圖表始行於世。邁野於月離學理，研究甚深；依牛頓定律而推月之運行，又據亞衷勒法而推算益密，并製月離表以爲推步之本。當一七一三年英政府嘗懸奬二萬金磅，徵求海面測量經度密法。邁野即本所學，創太陰中天法：因月在恆星間行動甚速，其赤經之變遷亦甚速；如已知其地之經度，即可推某時月之赤經；反之如在海面測得月之赤經，即由月離表查得時刻，與當地時刻相較而得經度之差（此法不論何地，皆可實測，不限於海面也）。如今之航海通書，載每日格林威基每小時月之位置，邁野之表，雖無如是之詳密；但據其所推籍以測量經度，所差亦不及半度，已合當時英政府徵求之旨。邁野復以數年實測，修正其表，呈諸英政府。其時海軍部所請審核主任即白拉勒，閱之歎爲詳密精審，正合實用；但事未解決而邁野遽卒，享年僅三十有九。英政府念其創法之苦心，以三千金磅恤其寡妻。其月離學說及日躔月離表，由英國經度測量局於一七七〇年印行。（案經度測量法著名者凡五種：一木衞掩食法，二太陰中天法，三遷運時計法，四有線電法，五無線電法。前兩種測算繁難，今用之者絕少；無線電法爲近二十年所創，最爲通行。）

牛頓創爲有引力之定律，以天體運動之繁復，納諸算式之中，依理立法，以簡馭繁，爲推步之本，

啓天算之扃鑰創造者固甚難，而繼起者亦不易。十八世紀測天之業，格林威基常居世界領袖地位，而牛頓學派不起於三島，而出於歐陸；何也？蓋歐陸算學家蠭起，有以發揚而光大之，如亞哀勒，克來洛，大朗培，拉格朗越，拉拍拉斯，五人，皆爲牛頓學派之巨子，創算學解析之新法，闢天體力學之大路，亦十八世紀天文史重要之一頁也。

亞哀勒者，著名大算學家也，生於瑞士之白斯來城，長於拉該爾六歲，少於白拉勒十四歲，父爲耶穌教牧師曾游盤諾利強姆司之門。盤諾利一家善算，二代著名，亞哀勒誼屬世交，又從強姆司之弟翰約學算，與翰約二子成摯友；其一名台尼爾者，不僅爲算學名家，且係牛頓學派之第一重要人物。亞哀勒頴悟異人，久處芝蘭之室，早著出藍之譽。初藉台尼爾之力，受聖彼得堡科學院之聘，著作之發表於該院刊物者不絕。繼以異國異教之人，不便久居，遂受德王之聘，離俄赴德（一七四一年）。五年以前，一目已失明，而勤於著述如故；居柏林逾二十五年，而俄院刊物，仍兼撰著。一七六六年復受俄后之聘，重赴彼邦，而不久他目亦失明，年七十六而卒（一七八三年）。其生平著作不下八百餘篇，近世解析算學多種，無不出其創作，而應用於天文學物理學者，皆屬高深之研究。

亞哀勒在算學史中佔主要地位；而在天文史中，不過特立一幟，因其以高等算學之法，應用於月離學說，一變前人之幾何學理，開引力天學之新紀元。觀月最近地，無人不知其運行之速，不待天文家之愼重其事，誰知嫦娥善舞，變化多端，自依巴谷以來，中西古今天文家莫不視爲難題。讀天文史至此，其間已逐有發明，仍不能窮其變，於是研究月之運動，遂成專學，而名之曰月離學說。迨牛頓創萬有引力之定律，由蘋果墜地，而推月球繞地，立兩體間引力之公式，始明運動之理。然月繞地行，兩體之引力易推，月又隨地以繞日，則三體間之引力，頓見複雜；至若衆行星各帶其月，相率繞日，又有流彗飛奔錯雜其間，則衆體之引力，益見頭緒紛繁，又將奈何。所以行星運動，亦成專學，而名之曰行星學說。牛頓定律所以能應用不搖者，因日之質量甚巨，引力甚大，月繞地之公重心，在地球之內，地繞日之公重心，又在日球之內；故月地公重心繞日地公重心，猶地內一點繞日內一點，故地月兩體繞日，與地球一體繞日，可無區別。行星運動，其理相似，但月行至不齊，仍不能以牛頓公式盡推其微差；於是三體問題遂成爲牛頓學派之大問題，亦即十八世紀引力天學之大問題。亞哀勒之月離學說，卽推解此問題，而引用解析算學者也。其潮汐論文，與同志台尼爾及麥克拉胡令，共得英政府

之獎金，（一七四〇年）爲牛頓學派抬頭之日，正近代天算入手之時也。同時克來洛及大朗白亦研究甚力，自當相提並論也。

克來洛生於巴黎，（一七一三年）裔出望族，幼卽聰穎，十歲通解析幾何及微積分；十三歲之前，撰論文呈巴黎科學院，十八歲著書行世，於幾何學頗多心得之作，遂被選入科學院。後隨孟拍修大地測量隊至拉拍來，（一七三六年）歸撰地形圖說，論地球之自轉而成扁形，關於各質點之引力及密率之變遷，並推得各緯度地心引力之公式，與鐘擺實測相符，皆足補牛頓之闕。繼乃致力於三體問題，於月離學說推算甚合，於行星學說亦有修正。一七五八年爲哈雷預測彗星復見之期，實當時天文界渴望之日，亦天文史重要之事也。克來洛關心尤切，詳加推算，反覆不憚其煩，推得此彗因土星之攝動而落後百日，因木星之攝動而落後五百十八日；將屆年終，報告科學院，謂「哈雷彗過近日點，當在明年四月十三日，但因推算或有微差，將有一月之出入。」當時各處天文家，莫不悉心測候，乃於耶誕之晚，由德國私家天文士名派立止希者，在薩克森首先測見矣；其愉快爲何如哉。哈雷有知，當亦含笑於地下。至實測此彗過近日點，正合克來洛預算之期前一月有一日，其推算之

密，亦自有把握；從此太陽系中又增一族，而世人之迷信亦可因而稍殺。克來洛倜儻風流，善交際，著名於巴黎，然既埋頭於科學之中，復廁身於社交之場，精力有限，不幸早世。說者謂天算家皆享大壽，牛頓八十五歲，亞哀勒拉格朗越拉拍拉斯皆在七十五歲以上，卽大朗培亦及六十六歲，而克來洛僅得五十二歲；豈勞瘁過度，聰明誤人耶，抑少年拔萃斲傷元神耶，殊亦難言之矣。

大朗培在初生襁褓之中，遺棄於巴黎教堂之前（一七一七年）由人收養，得受相當教育；二十一歲撰算學論文，爲算學界所稱道，越二年遂得選入科學院。其早年所著力學一書，頗多創作（一七四三年出版），又著光行差及歲差解（一七四九年出版）；其主要之天文工作，則在三體問題，曾著月離學說及行星學說，與亞哀勒克來洛鼎足而三。大朗培性情和善，又長於文學，得俄后德王之資助，勉可自立，而孝事義母，自奉甚儉，又能周濟困窮，尤爲不易。惟與克來洛同處一地，同事一業，不免有競爭之心，嫉妬之意，往往互相抨擊。克來洛預推哈雷彗，名震一時，尤爲大朗培所不平，其實亞哀勒提倡在先，克來洛大朗培並起於後，致力於月行之變遷，及行星之攝動，據算數之解析，無微不至，各有所長，而獨於月之長期加速度，皆未能詳推其理，至拉格朗越及拉拍拉斯而始加以推算

也。

拉格朗越生於意大利之都靈（一七三六年），其祖先原係法人，而僑居於意者也。自幼卽具算學之長才，當其初任都靈學校教授時，生徒之年皆長於乃師。一七六四年，著月球天平動說，得巴黎科學院之獎金。其論天平動之起原因月球與地球皆非正球體，據力學之理而創推算之法，為前人所未有，後世所依用。一七六六年德王允大朗培之請，聘拉格朗越繼亞衷勒之職，（其時亞衷勒重返俄國）任柏林科學院算學系主任。德王自以為歐洲之大帝，應得歐洲之大算學家。居柏林二十一年，天文力學算學之著述，與時俱積，其間有送至巴黎者，恆得科學院之獎金，尚有六十餘篇皆發表於柏林院刊。天算大家之名，震於全歐，其足以相匹敵者，惟拉柏拉斯一人而已。當時雖一在柏林，一在巴黎，而問字之書常相往返，他山之石，藉資攻錯，二人之文章學業皆冠絕一時；而拉伯拉斯不免有矜奇眩能之習，拉格朗越則不勝謙和退讓之概，故其晚年經法國之革命，不受政潮之影響，學者之態度常為政府所崇視。其大著解析力學圖式精美，在柏林未得相當之印工，至返巴黎之次年始出版。一七八七年因德王去世，不願再留，適受路易十六之聘，遂返巴黎；其時得一種勞頓病，逢

節必發，或謂早年用心過度所致。一七九〇年任度量衡改制會主席，創公尺制，爲今科學界所公用。在巴黎逾二十五年，天算之著述，仍不稍懈，又撰近代算學三種，最後者在一八〇五年出版，其解析力學第二集，在其卒後出版，拉格朗越詳推月行加速及行星攝動之理，而創立公式，爲拉拍拉斯所取法也。

拉拍拉斯生於法國諾曼地州之坡河濛村（一七四九年），農家之子，幸賴富鄰之助，得入本鄉陸軍學校，初爲學生，繼任教員；十八歲思有所發展，得人薦書，赴巴黎謁大朗培，未獲一見，乃以平日研究力學之心得，撰文函呈，頗邀青睞，遂引薦巴黎陸軍學校，任算學教授。嗣後歷任官職，而天算之著述，終其身未嘗稍懈，其著名傑作爲天體力學（Mécanique Céleste）自一七九九年至一八二五年，陸續印行五大卷，一八二七年其卒後又印行補編一卷，闡牛頓之學理，集各家之大成，爲十八世紀天算之總匯。又有宇宙論(Exposition du Systeme du Monde)出版於先（一七九六年）以通俗文述天文學，盡去代數式，不用幾何圖，而說理簡明，言下見象，風行一時；後法國學院選拉氏爲四十不朽之一者，亦因此書之文章學術足以並茂千秋也。當拿破崙初執政時（一七九九

年），拉氏作秀才入閣之想，效毛遂自薦之事，拿翁愛其才學。授以內務部長，六星期後，因其不稱職而能免；旋委爲參議員，屢受恩賞。其天體力學第三卷，於一八〇二年出版，卷首有『獻於歐洲和平大英雄』題字，說者謂其善諛拿翁也。迨路易十六復辟，拉氏又臣事新朝，榮封子爵，說者謂其已忘故主之恩情矣。晚年鄉居頤養，復增補天體力學一卷，即其卒後所印之補編，享壽七十有八，臨終有言曰：『知之者有限，而不知者無窮，』甚矣，學問之道，豈有涯哉。

牛頓學理，自亞哀勒引用高等算學以後，克來洛大朗培繼之，至拉格朗越復作進一步之研究，太陽系諸體之運動，統以解析力學馭之，拉拍拉斯又從而發揮光大之，遂成專門之學，立天文學之一部；推行星攝動之理，考月行加速之故，算數繁複，不厭求詳。行星因他星之攝動，而繞日之道小變，衛星因他衞星之攝動，而繞星之道小變。又因日與他行星之攝動，時時不同，又生小變，攝動之差雖甚微，然積久自顯。亞哀勒據算理推之，分爲二種：一曰周期變動，在短期間內，或星行數周之後，變動已起循環，較爲易見；一曰長期變動，必經長時期後，始生微差，往往以百年計之。拉格朗越始悟此種變動之重要，欲定諸星準確之位置，不可不詳加考核。拉拍拉斯推得月行加速每百年約增十秒，即一

月之長，將三千年而縮短一秒，黃赤大距每百年約少四十八秒，土星近日點之退行，每百年約十五秒；復推得土木二星之攝動約九百年而循環一周，則謂之遠期變動，因不以百年計，故與長期變動不同。其天體力學中所推各數，與今測雖不盡密合，然亦不甚懸殊也。(註三)

天體力學，數理深奧，非精通算學者所能讀，故宇宙論一書，世人極為重視。又當法國革命之時，士人好談新學，拉氏書中星雲假說，創天地開闢星辰原始之論，為未有之奇談，益為士津津而樂道也。實則四十年前英國哲學家康德早倡此說（一七五五年），但世人不加注意耳。拉氏當時已知之行星凡七，繞日而行，自西而東，方向相同；已知之衛星凡十四，各繞本行星而行，亦自西而東，方向相同；而各星自轉之方向，又皆相同：凡此三四十種旋繞之象，如出一轍，自非無故。譬如擲錢可字可背，乃擲至三四十次，每次全同，必非巧合。又各星之軌道面與太陽系定面，交角甚小，幾同在一平面內，且各星之軌道俱屬橢圓，而偏心率皆甚小，亦幾皆類平圓；似有一定之律。拉氏推想其故，以為諸星必同出一原，當時侯失勒威廉已發見星雲數百，有彌漫而疏散者，有團結而密聚者，有如星而模糊者。由此疏密之順序，拉氏遂創星雲之說；謂太陽系諸星，皆由星雲演化而成，始為彌漫星雲，因冷

而縮，旋轉成球，轉之彌速，赤道膨脹，至離心力大於攝引力，星雲遂分出一環，卒因各質點攝引而成行星，即推諸恆星，同出一理。

拉氏之說自旋渦發見後，所謂同向旋繞之理，似乎益確。又如今繞日之行星有九，土木二星之衛亦各有九，頗相類似。然海王星祇一衛而方向相反，土星最外一衛及木星最外二衛方向亦反則拉氏同向之說不合。天王星四衛軌道與定面之交角皆甚大，至小行星軌道之交角，有三十四度四十三分（Pallas）及四十三度者，（Hidalgo）則拉氏同面之說又不合。水星之偏心率爲〇·二〇六，小行星之偏心率有〇·五四（Albert）及〇·六五者，（Hidalgo）則拉氏軌道相似之說亦不合。故拉氏當時自謂此說未可深信，蓋全憑臆度而未經測算者也。然十九世紀諸家猶有奉爲圭臬者，至近二十年來，始有麻爾頓之微星說，及極佛來之潮汐摩擦說，雖較拉氏之說爲有據，亦未可視爲定論也。

侯失勒威廉十八世紀之大天文家也，長於拉柏拉斯九歲，小於拉格朗越二歲一七三八年十一月十五日，生於德國漢諾威；父爲該州軍樂領袖，威廉幼受家學，亦善音樂，十五歲即隨父入隊。一

七五七年德法七年之戰起，威廉年方十八，體弱不勝隨軍事，遂棄職避英，僑居拔斯市。旋得教堂琴師業，所入甚微，故兼課生徒，而來學者衆，有時每星期授課至三十五小時；然自習甚勤，心好算學。初得司密司光學書研習，頗有心得，其構造遠鏡之志，卽發軔於斯時。繼讀天文書，頓起興趣，思天象昭垂，必一一得諸目驗，初借得小鏡，不足盡其窺天之用，欲自購大鏡，決非其財力所能，於是舍自造別無他法；乃經數載磨礪之工，遂成千秋不朽之名。予嘗見威廉攝影三幀：一在少年時代，形容憔悴，正讀書製器，勞心勞力之時；一在發見天王星時，手執星圖，面露笑容，可見其得意之概；一在晚年時代，面容豐頤，老當益壯，想其名震全歐，克家有子，桑榆暮景，其樂何如。

威廉第一步偉大工作，卽自造返光鏡。鏡以點銅錫製成，磨琢凹面，工作繁重，威廉專心致注，每有賡續至十六小時者，目不轉瞬，手不停揮，忘寢廢食，昕夕不懈。其妹迦羅林往往從旁飼食，免其飢渴；有時誦讀天方夜談等小說，解其煩悶。初成牛頓式七呎鏡，繼成十呎鏡，後成二十呎鏡，徑長增至十八吋；最後又成四十呎鏡，徑長增至四呎。每成一鏡，必詳細試驗，爲掃天之觀測。初成之鏡在一七七四年，時威廉三十六歲，可謂其天文事業之起點；當時仍充琴師，天學不過爲其業餘之自修。至一

七八一年三月十三日，用七呎小鏡，作掃天之觀測。忽發見新行星，突破古來五星之範圍，擴展太陽系之界限，為天文史上大書特書之新紀錄；於是素無人知之琴師，名震遐邇，莫不欲一識大天文家之面，拔斯道上，專誠往謁者，絡繹不絕。格林威基臺長麥斯克林，位居天文界之首席，深願折節納交也；是年之冬，遂被選為皇家學會會員，特贈名譽獎章。明春奉召入宮，令以自製遠鏡，進呈御覽，英皇大為嘉獎，授以皇家天文家之職，年俸二百金磅；亦天文史上業餘天文家之第一榮譽。威廉遂辭去琴師之職，而遷居斯羅，重行設備，專致力於天學。

此星命名之初，威廉因英皇優渥禮遇，而以皇名稱之曰喬治大星，但不能通行於歐陸；或有以侯失勒之名名之，亦未見通用；後仍依五星之例，亦以神名名之曰天王星。當此星之發見也，如八等星，威廉初以為彗星，後詳加覆測，始斷定其為行星；蓋自有史以來五星之名早定，自哥白尼後，始知地球亦屬行星之一，而無所增益。牛頓學派諸家研究攝動之理無微不至，誰知土星之外尚有行星；威廉於無意得之，太陽系之界限驟增一倍，而六十五年後能由預推而得海王星，復八十五年而得冥王星。今又預推冥王之外尚有二三行星，惟恐距日益遠，星光益微，遠鏡攝影之力，不足以及之二

百吋徑之返光鏡，不久可以造成，屆時能按所推之位置而搜索之，未嘗無望也。昔迦利略發見木星四衛之後約四十五年，而海更士始見土星之一衛，未及三十年葛西尼又增土星之四衛，嗣後百有餘年，竟未有所見，至威廉始以四呎徑之大鏡，發見土星最內之二衛。又天王之外二衛，迄七十年後拉斯爾始得天王之內二衛及海王之一衛，此後六十年中陸續測見，始成今日之二十五衛（參觀前章衛星表）。然則前人之測候，豈易易哉；又安知止有此數而不復再增乎？十九世紀之元旦，爲小行星誕生之日，迄今一百三十餘年陸續測見者，已有二千餘星，將來復增幾何，未可預言；然則威廉創始之功，不亦偉哉。

威廉以前，諸家之致力於天文者，不出太陽系之範圍，雖有恆星表之測製，不過用爲標準之點，以定日月五星之位置。迨威廉蓄志擣天，逐次所成之遠鏡增強，而所測之天象益密，直欲使天空諸星，無一不經其細察，嘗自言「宇宙之構造原理，爲予觀測之惟一目的」；所以無間寒暑，昕夕不懈，精心測候，艱苦卓絕，又得妹氏之助，從旁紀錄，詳爲推算，卒於恆星之組合，銀河之構造，星團星雲之分配，雙星變星之形象，以及太陽自行之方向，莫不有所發明，開恆星天學之源，發宇宙構造之祕，爲

天文史上一大改革。昔牛頓創引力天文學，算數繁重，難免沈悶，非專家不能窺其底蘊；今威廉創敍述天文學，說理顯明，言下見象，爲天學廣開途徑，不必精於高深之算理亦可明其普通之天文。十九世紀私家天文臺相繼而起，通俗天文學流行於時，使天學之進步，一日千里，皆威廉創始之功也。

恆星散布天空，大小明滅，如恆河沙數，直不知幾千萬萬，威廉初欲求其分布之規則，一經細測，疏密懸殊，見銀河兩極星甚稀微，愈近銀河愈多，至銀河之中，益形密集。一七八四年，威廉乃下統計之決心，細數之苦工，謂之星數估量法（Star-gauging）。其十八吋徑返光鏡，比目力約大一百八十倍，視野周徑十五分，約等於月視徑四分之一，偏測諸星，凡三千四百次；每次候星之在視野者，即十五分之界內，逐一細數之，每一界內少或一星，多或六百。當其測銀河最密處，在十五分鐘內，星之過視野者約計十一萬六千，可見其用心之勤，不憚煩勞。前拉愛得創宇宙開闢論，研究銀河組織（一七五〇年），康德創行星原始論及星雲假說（一七五五年）皆有磨石宇宙之說，但憑諸臆度，而未有實驗。威廉估計星數，實測銀河諸星密率，成環天之大圈，中心厚而四周薄，長徑約五倍於高度，如二碟相合，二底向外之狀；而太陽系卽在其中，銀河分道無星處，（星稀若無）猶磨石上之

孔洞，可謂善喩其狀。後人因名之曰侯失勒學說，或曰磨石學說，又曰扁餅學說，予乃名之曰合碟學說，實開近代宇宙學之源。

拉該爾與梅西爾實測星雲以遠鏡力弱僅得百餘，並無星團星雲之分亦不詳其形狀。威廉掃天無遠弗屆，遠鏡之力所及莫不殫心測候，共得星團星雲凡一千五百，皆爲前人所未見。詳其形狀，分爲六大類：一曰星團，謂其星皆明朗可見，可分二種，一成球狀，一作不規則形；二曰星雲，謂遠鏡之力更強，或能分出諸星；三亦曰星雲，謂絕無可分爲星之證；四曰行星星雲，謂其狀如行星；五曰恆星星雲，謂其狀如恆星；六曰雲星，謂星之四周有雲氣包含。並言近銀河北極處最多，如軒轅太微郎位一帶，約佔三分之一；若婁昴畢觜四宿及五車天船八穀天棓侯正宗天市垣徐吳越織女中間一帶，則甚稀少。並謂星雲雖形態萬殊，而有一定演化之次序，足以覘其年齡之老幼，此拉拍拉斯依據而創星雲假說者也。(註四)

恆星中有雙星，兩星相距甚近，尋常目力不能分別；或有兩星角距雖小而直距極遠，望之若一星者，謂之視雙星；或有兩星角距甚小而直距亦極近者，謂之實雙星，又曰聯星。在十七世紀中已有

發見，但不甚注意，至一七八二年威廉掃天，始詳加測驗，悟聯星之自行，恆在同一方向，各有常軌，而二星旋繞於公重心；始知牛頓定律不僅應用於太陽系諸星之運動，且可推及恆星間之運行，著雙星錄凡七百星。嗣後斯得路佛及侯失勒約翰相繼密測，增至一千餘星，分類列表，載在談天；至後世遠鏡日精，分光之法益密，所測更多，而創始之功，不得不歸諸威廉。

變星之觀測，為今日天學中要重之工作，當十六世紀中法必脩首先測見天囷十三之變（o Coti 或譯為芻藁增二）二百餘年來無人注意。威廉掃天，則變星之顯著者，自亦不能逃其法眼；當時實測十餘星，亦足開變星觀測之源。同時舉各得亦詳加觀測，嗣後各家相繼測驗，日積月累，分類益密，進步甚速，列表於後，以覘大概：

一七八六年	舉各得	一二星
一八四四年	亞菴倫德	一八星
一八五〇年	又	二四星
一八五四年	晉格遜	五三星

年	觀測者	星數
一八六五年	詹白氏	一一三星
一八七五年	希洪番爾	一四三星
一八八四年	各雅	一九一星
一八八八年	又	二四三星
一八九三年	強特安	二六〇星
一八九六年	又	三九三星
一九〇三年	畢堪林	七〇一星
一九〇七年	肯能	一三八〇星
一九一五年	慕安	一六八七星
一九二八年	泊拉格	三二一八星

以上各家變星錄星數隨時而增，惟球狀星團旋渦星雲及墨瓦臘尼雲中之變星均未列入，今已知變星約有六千餘，其中長期變星如天囷十三之類有一千七百六十星。

威廉又有一種偉大工作，亦足開天文史之新紀元，卽測定太陽自行是也。蓋自哈雷發見恆星自行以來，經諸家之實測，信而有據；恆星之名義，早失根據，而至今沿用者，因其名自古相傳，而其動

亦甚微也。威廉素知太陽爲恆星之一，以公理推之，恆星旣自行，則太陽亦當自行。設太陽與諸星之行同向而遲速各不等，則凡遲於太陽者，在太陽前，必見背此方向諸平行線之合點而行，在太陽後，必見其向此諸平行線之他一合點而行；速於太陽者反是。彷彿人行路中，見面前兩旁電燈漸漸分開，而反觀身後者漸漸聚合。威廉詳測諸星之自行，準此理以求太陽之自行。一七九〇年測得太陽自行之絕點近天市垣趙星，與織女相距不遠，其赤經爲二六〇度三四分，赤緯爲北二六度一七分，與今測不甚懸殊，是屬難能可貴。嗣後諸家用各種方法，逐有測算而改進，今所定日行絕點，赤經二七〇度，赤緯北三四度，日行速度爲一九·五公里，係每秒鐘太陽率其全系向絕點而進行。當予草此篇時，地球隨太陽奔馳於空中已不知數萬公里矣。可見地球每年繞日一周，必不能重返原位，其如螺旋線之進行。試問太陽何時始至絕點，則算數繁複，星行紛歧，一時亦未易言也。

威廉一生著述，不假師授，克享盛名，卒封爵士，不愧爲近代天學之鼻祖。一家五人，深通天文，其妹迦羅林相助觀測，功亦不細，星雲之測驗，頗多發明，得受皇家之俸結，爲女天文家第一人。其子約翰，克承家學，亦享盛名，猶沖之子有暅；約翰有二子，長子亦名約翰，任印度軍官，有博學名，次子名

亞力勤習天學，爲大學教授。侯失勒氏之言天者三代五人，與盤諾利氏之言算者三代五人，同爲科學史中之盛事。十八世紀末與威廉齊名者有拉拍拉斯，威廉往訪於巴黎，適在十九世紀之第一年；而二人晚年之著述，已入十九世紀初葉二十餘年。威廉於一八二二年去世，享壽八十有四，拉氏於一八二七年去世，享壽七十有八。二人之有功於十九世紀天文發達史者，不相上下；而威廉之影響尤大，範圍尤廣。（註五）

（註一）白拉勒天文原著，係一八三一年利迦德所編輯，發明光行差及章動差二篇。今均載夏氏天文圖書考原。

（註二）參觀文鑑星團星雲實測錄。

（註三）談天卷十二論擺動，卷十三論橢圓諸根之變，卷十四論逐時經緯之差，於諸家論述擺動之理甚詳，宜參觀也。

（註四）談天卷十六論恆星新理，卷十七論星林，於威廉發明星團星雲雙星變星及太陽自行等，皆言之甚詳，亦宜參觀也。

（註五）十八世紀中測天之器亦逐有改進，如杜隆之發明消色遠鏡，用混合玻璃，爲後世折光鏡所法，高佛來發明六分儀，爲航海觀測必要之器，皆爲天文史中要事，故附註於此。

四　十九世紀天文學史

覩十八世紀末，拉柏拉斯提倡天體力學之法，侯失勒威廉闢論理天文之途，各樹一幟，分道揚鑣。至十九世紀初，法國自拉氏以後，遺風猶存，常執世界算學之牛耳，英國自威廉以後，繼起有子，猶爲各國天學之領袖；而德國原屬科學先進，得與英法成鼎足之勢。至十九世紀後半葉，美國異軍突起，學者輩出，儀器精良，足以睥睨世界，已非歐洲所能及。蓋十九世紀中，以分光法測星，攝影術測天，而天學之發達，亦遂未可限量；而各國天文家之著名者，不下四五十人。如欲一一詳述，又豈小史所能容；祇可擇其大者要者約略言之，闕漏自不能免，猶幸近代天文書中可以窺見全豹，當不嫌其過略也。(註一)

十九世紀天文史之第一頁，爲小行星之發見。一八〇一年一月一日，意人必亞齊發見第一小行星，名穀女，其軌道早經德算學家高士之預推，故當時測見之方位，與預推相合，並不出於意外。明

年三月二十八日，阿爾白士復發見第二小行星名武女，則未經預推，殊出意料之外。一八〇四年哈爾定又發見第三小行星天后；一八〇七年阿爾白士復發見第四小行星火女。初有德天文家波特者推行星距離法，言各行星道距水星道，約俱漸倍，如地水二道距約倍金水二道距，火水二道距約倍地水二道距，推之土與天王，莫不皆然（後海王發見即出例外）。惟火木二道間太遠，與例不合，必有他行星在。自測得此四星後，其道大小略等，距火木二道，與波特例合，天文家皆以爲奇；復斷定火木二道間，必不止此四星。後有亨該者，專心尋覓小行星，經十五年之苦心，始於一八四五年得第五小行星殿女，一八四七年得第六小行星稗女，嗣後陸續發見，至今有二千餘餘星。其初多用希臘女神之名，故談天皆譯爲某女，後女神之名不敷應用，間亦有用男神之名，故某女之譯名，亦不適用矣。

十九世紀第二年，爲分光學發達之起原，近代天文學至要之事也。自牛頓發明日光經三稜玻璃，曲屈而見虹之各色，始開分光之原理。至一八〇二年英人華拉司敦改良其法，使日光先經狹縫（二十分吋之一）而後經三稜玻璃，則分光景愈見清晰，且有許多黑線在其間。一八一五年弗勞

恩霍拂創造分光鏡，分析日光，發見黑線凡七百；一八二四年又用以驗恆星分光之黑線，擇其主要者以字母誌之，今卽名之曰弗勞恩霍拂線。一八五九年克考父創分光定理，爲弗勞恩霍拂之功臣，立物理天學之基礎，大旨謂：光源爲白熱透明氣體，其分光景生單純明線；如光源爲白熱固體，其分光景生連續虹色。例如白熱物體，外罩較冷之氣體，則在此連續分光景中，顯出黑線，其位置恰合此種氣體所生之明線。由此可測驗星體中有何種物質，譬如鐵燃至白熱，其分光景顯有黑線，而太陽分光景中，此種黑線之位置，與某一種明線之位置，恰相脗合；可知太陽體外含有鐵之蒸氣，較太陽光輪爲冷，卽可知太陽體中有鐵之存在。譬如輕氣在眞空管中，以電燃至白熱，其分光景顯有明線；而氣體星雲中有同樣之明線，在同一之位置，可知此星雲中有輕氣之存在。恆星體中之物質，亦可如法探驗。一八六四年，黑京與賽起二人研究益精，於是恆星分光之術，因之大明，遂開物理天文學之新紀元。當時黑京所測雖僅少數大星，而研究頗精，能證驗鈉鎂鈣鐵輕氣諸線；賽起所測約四千星，研究稍略，而分類極詳。由是得三種原理：一曰，恆星之分光景，與太陽之分光景，性質相近，其中亦顯有黑線，足證恆星白熱光輪之外，亦猶太陽之包有大氣，將星光之一部分被其吸收，其餘少數恆

星之分光景，雖亦顯有明線，但不及百分之一；二曰，由分光景中各線，可以證明各原子之存在，星體中所有物質，大半爲地球上已知之原子，今雖有極少分光線，未能證實，但皆無關重要之星；三曰，恆星雖多以分光法類別之，極爲簡單。賽起當時分爲四大類：甲有顯著之輕氣黑線，乙有極多之金屬線，惟不甚顯明，丙紅色一端顯有闊帶（今已證明其爲氧化鈦），丁紫色一端顯有闊帶（今證明其爲碳或碳化物）。後福格爾復推廣其理，畢克林又修正其法，今謂之哈佛法。

分光景每連續銜接，有一定之次第，原以羅馬字母代分光景各型，幾經修正；近哈佛天文臺所規定，爲各國所通用者，以B—A—F—G—K—M六型，占全數百分之九十九，用之最繁。B型之前，尚有O P兩型，M型之後，亦有R N S三型；但僅占全數百分之一，實不常見。今兩型之間復用小數分之，益見精密，如A_5爲A型與F型之中間，A_3則偏於A型，A_8則偏於F型，如A_0則爲A之正型，餘可類推。

一八六四年，黑京又由分光法測定恆星之輻射運動。蓋分光鏡俗謂爲天空界之福爾摩斯。光線在眞空中，爲無數細浪紋，每一英寸內有一萬至十萬之多；如恆星向地而來，則浪紋短，背地而去，

則浪紋長，分光鏡足以測光浪之長短。凡恆星之光經過三稜玻璃，必現各色，一端紅，一端紫，而各色之中，每間以黑線；如星向地行，則黑線向紫色一端移動，如背地行，則黑線向紅色一端移動，而輻射速度，可以計測也。而分光鏡雙星亦由此測驗，蓋有時由黑線之移動，見星之乍來乍往，如擺動之象，若運動於小圓周上，可知必另有暗體繞之，如行星之繞日；如角一之小副星即由此測得也。此種雙星又名之曰蝕雙星，如日月之交食。至十九世紀末葉，芈堪林測驗變星雙星，凱來測驗輻射速度，皆美天文家之著名工作也。

恆星距離過遠，視差難測，昔亞力士多德據此以爲地靜之證。自哥白尼以來歷代天文家莫不差爲主要問題，白拉勒欲測視差，而發明分光差與章動差；侯失勒威廉欲測視差，而發見聯星之運動。至一八三八年德天文家白賽爾始得天津增二十九之視差，爲三分秒之一，其距離約爲十一光年；一八三九年恆特孫在好望角測得南門二之視差，爲最近之恆星，其距離約四光年，比日之距地約大二十七萬倍；不久斯得路佛又測得織女之視差。至十九世紀末，各家測得視差者約五十餘星；近年儀器益精，所測更多，一九二四年希利新厥恆星表，載有視差之星，凡一千八百七十。

白賽爾任哥甯堡天文臺臺長三十餘年，重測白拉勒恆星表，經十二年之工作，測製恆星表凡六萬二千星。其生徒阿幾蘭特，亦著名天文家，所著恆星表尤爲著名，凡三十二萬四千一百九十八星（一八五九至一八六二年陸續發表），由其門人之相助，經百萬餘次之實測，自北極以至赤緯南二度，其間十等以上之星，皆測而入表。後希洪番爾繼續測至赤緯南二十三度，復增十三萬三千六百五十九星。松米更測至赤緯南六十一度，共得五十八萬星，近世聯合十八天文臺，用照相攝之。至一九二五年，已有四萬四千幅，約五百餘萬星。普天星象，本不可勝數，遠鏡益大，所見益多；如一吋徑遠鏡可望至九等星，三十六吋徑遠鏡可望至十七等星，百吋徑返光鏡則二十一等星可由攝影得之，爲數約在五百萬萬以上。

白賽爾又創日食推算法，極爲精妙。先布公式，後推用數表，惟說理高深，算數浩繁；復繪地面月影圖，推算一小時內，每相隔五分時之經緯度，以求各地日食時刻，及食分多少，費工甚多，極爲勞苦。後亨森復製月離表（一八五七年），推算某地之日食，其法與白賽爾稍異；今英美法之曆書，皆用白賽爾法，德國年曆則用亨森法。奧國奧泊爾子著名食典，推算八千日食，五千二百月食，亦根據亨

森法。至十九世紀末，牛考慕另立推算法，略簡而不求精密；薛佛內實用天文學，推算全食之時刻最密；尚有蒲希南之交食理論，亦爲著名之作。推算日食，實無簡法，算數繁重，學者視爲畏途，白賽爾法爲近代推算日食之祖；今此項工作，皆由國立天文臺任之，在二三年前預推之，而後發表於年曆。其他又有繪圖算法，昔羅密士創之，近美國立奇，及我國王錫恩，皆別立新法，甚爲簡捷；王氏自稱所得時分，與用白賽爾法相同。(註二)

威廉掃天，發見天王，闢太陽系之新世界；十九世紀以來，又有小行星之疊見。於是天文家莫不欲測算新行星，而冀有所獲，因測見天王星不規則之微動，料天王之外，尚有行星；然而推算不易，疑難莫決。會有法國算學家力佛理亞，以推算行星攝動，著名於時，巴黎天文臺臺長亞拉谷，請其研究斯事。力氏潭思苦索，反覆推求，始測新行星之所在；乃馳書柏林天文臺臺官嘉勒，告以行星之經緯度，當在寶瓶宮中求之，約與九等星相似，言下見象，如巳目覩。當晚嘉勒卽用遠鏡，依力氏預推之處，細測諸小星，核以星圖，果得一新行星，距力氏所定之經緯度，其差不及一度，名之曰海王星，時一八四六年九月二十三日也。於是聲傳全歐，而格林威基天文臺得此新聞，不禁失色，蓋英國天文家亞

但史，亦早經預推，核諸嘉勒所見之位置，相差亦不過二度有餘；在一年以前，已報告臺長愛蘭，當時未得晤面，亞但史留書而歸。迨愛蘭有所函詢，亞但史憤而不覆，事遂擱置，雖劍橋大學教授卻利司在七月杪曾代爲檢閱，而蹉跎時日，未有所獲；致亞但史之推算，徒成明日黃花，而發明海王星之名，遂歸諸力佛理亞，格林威基之有負於亞但史者，爲何如哉。觀力亞二氏異地同時，預推海王之所在，徒以私人苦無大遠鏡，必仰賴官家天文臺爲之代測；所以威廉磨鏡，無意而得天王，亦足以償其苦工；否則亞但史亦何必奔走於格林威基。力佛理亞受巴黎臺長之托，而以預推告諸柏林，嘉勒卽於當晚獲見，亦可謂知人，宜其捷足先得矣。（註三）

力亞二氏，同爲當時之天算大家，力佛理亞長於行星學說，多所創作，亞但史長於月離學說，別立新法。力氏繼亞拉谷而長巴黎天文臺，亞氏繼卻利司而長劍橋天文臺，二人之學問事蹟，如出一轍。愛蘭主任格林威基天文臺四十六年（一八三五至一八八一年）處英國天文家之首席，亦名重一時。發明人目之散光，創消色目鏡，改進折光鏡之構造，於天文理論，頗多心得；而於地球形質研究益切，曾著地球論一書，傳誦於時。對於亞氏之發明海王，未能早爲布置，不免引爲憾事；然亞氏年

少氣盛，因進謁未見，後愛蘭函問，憤而不答，坐失觀測之機會，亦不免自誤也。

當時英國著名天文家，有斯羅之侯失勒氏，威廉之子，名約翰，自幼受父若姑之教育，於天學具特長，克承家學，繼其父業，立掃天之志。一八二四年印行所測雙星表凡數百對，一八三三年復發表星團星雲表凡二千五百，其間五百爲約翰之新測，餘爲其父之舊測。約翰旣掃北天，復思再掃南天；即於是年秋攜器放洋，南行三十餘日，抵非洲岌朴敦。置精舍，事測望，歷四年，功甚深；一八三八年返國，以所測推算成書，又歷九年始出版。凡南天星團星雲一千七百有七各有說明，擇其要者細圖其像，於墨瓦臘尼大小雲及十字架二海山二兩星雲，論之尤詳，皆發前人所未發。復推雙星軌道創法以定其周期；同時俄天文家斯德路佛復經密測，益見精詳。約翰以二星相距秒數，分爲八類，爲後世所宗；次撰哈雷彗論，詳述彗星體質之本性及力學原理。旣而克考父，黑京，沙帕勒利諸家，精益求精，後來居上，約翰自謂不及。又始考日斑之理；後失瓦白賈令敦胡而弗諸家因之測候益密，皆其創始之功也。

星等之法，約翰始詳加推究，其言恆星之體不能見，（今則星之大小，亦能測定矣，）全憑其入

目之光，以定等次光分大小之故有三：一星之距離有遠近，二星之光面有大小，三星之光力有強弱。故分等無一定法，有用連比例者，如下一等之光分，恆半於上一等，或恆爲三分之一；或任用他比例；有用逐數平方之反比例者，如一等爲一，二等爲四分之一，三等爲九分之一，以下類推。一八五〇年普格遜因之測定一等星之光，約百倍於六等星，每上下兩等之比，恆爲一百之五方根，即二·五一二之比。凡計測一星之等次，必有所標準，尋常以北極星標準，謂之普通法，因北極星密近二等，比測較易；哈佛天文臺以近極五等星凡一百，取其平均星等爲標準，謂之哈佛法，此計測視等之法也。

約翰復撰天文書兩種，一爲天文學(A Treatise on Astronomy)，一爲天文略 (An Outline of Astronomy)出版以後，風行於世，莫不奉爲圭臬。李善蘭與偉烈亞力所譯談天，即天文略，當時在英國已印至第十二版，可想見此書之價值矣。卷首有約翰傳，敍述甚詳，宜參觀也，讀此書可以知十九世紀中葉以前之學說。

古人言「工欲善其事，必先利其器，」侯失勒父子，藉返光鏡之力，多所發見，而十九世紀天學之所以突飛猛進者，全恃制器之精。凡目力所不能見者，藉遠鏡以明之，遠鏡所不及者，藉攝影以顯

之，攝影所不得者，藉分光鏡以驗之，宇宙雖大，衆象畢現。自弗勞恩霍佛用分光鏡以測星，開近今物理天學之源。一八二四年，弗氏又創遠鏡之鐘機轉動，使所測之星，常隨遠鏡而不移，測天稱便。一八四〇年特拉泊用攝影器裝置於遠鏡，以攝天象，而便事後研究。一八四五年羅斯爵士造六呎徑之返光鏡，發明旋渦星雲，並以梅氏第五一及第九九兩星雲，細繪其旋渦之象。一八六三年黑京創攝影分光鏡，攝影之感光，易於人目；且目測稍久，即覺乏力，而攝影則利用長時，其象益顯；故今各國天文臺往往分類攝影，逐日無間。美國於一八五三年，哈佛臺長本特提倡在先，數十年來各項攝影，藏積無算，極爲寶貴。一八五六年，返光鏡始用鍍銀鏡面，觀象益形清晰；一八八三年，奇爾博士提議國際聯合攝取恆星圖，由十八國天文臺共同進行，十年前已有四萬四千幅，近未見報告，想續測亦必不少也。美國在十九世紀中，學者奮起，天學發達，而公私財力雄厚，儀器設備精良，足以雄視一世，如一八八八年，富紳利克慨捐遺產七十萬金，建天文臺於亨密爾敦山，造三十六吋徑之折光鏡，利克即葬在鏡臺之下，以誌紀念。而一八八九年，野克司天文臺，又造四十吋徑之折光鏡，迄今將四十年，仍爲世界最大之折光鏡。其他如恆星測光儀太陽分光鏡等，各種新色儀器，莫不精益求精，所謂測

天之器，後勝於前者，是也。（註四）

水星之行道不齊，與月離之不規則運動，同爲天文家之難題。力佛理亞以古今水星過日之期，細推其近日點之運動，深知實測與推算，不能適合，疑水星與太陽之間，尙有行星。會有巴黎近郊鄉醫名來司卡巴者，於一八五九年三月二十六日，發表其談話，謂在九月以前，確見一新行星，經過日面，如圓形小黑點。力佛理亞聞而奇之，遂往訪此醫，再三面詢，據此醫所述，確有其事，乃定名曰火神星（Vulcan）或曰水內行星。力氏並推算此星之徑，約爲二千五百哩，但當時未得堅確之實據，亦遂寂然。約二十年後，德國教士惠日，以善測著名，在中國北直隸，言親見此星，更加細測；惟同時格林威基天文臺，逐日攝黑子之影，而未有此項行星之形迹。一八七八年，美天文家華生在日全食時，注意此星，但謂近日之處，似有二小星而不能決。據後人之考查，始知華生所言，乃係鬼宿二星，迭經各家觀測，終不得確據；至一九〇五年日食時，始證明並無此星，而水內行星之說，遂成歷史上之一段佳話。

測算水星之運動，具詳於美天文家牛考慕，以水星過日在十一月者，自一六七七年至一八八

一年凡二十次，及在五月者，自一七四〇年至一八七八年凡十二次。詳密推究其位置，知水星之近日點，每百年約退行四十三秒，實測與推算不符，悟牛頓定律不合於水星之行道，而平方反比例之公式，亦不能適用，已開哀斯坦相對論之先。復推金火木三星之根數，實測與算式亦微有不同，俱足以變更萬有引力之定律，開近代學說之關鍵。牛考慕任美國年曆局長逾三十年，於近代實用天文學，創作殊多。今日所用天文常數，大半由其推定；至若月離之研究，日食之推算，皆足爲後世宗法。或謂其爲近代應用天學之鼻祖，非過譽也。

我國自漢以來，日中黑子與抱珥冠璚之象史不絕書，而歐西自遠鏡發明之後始測見黑子，希愛納迦利略創於前，失瓦白賈令敦繼於後。至十九世紀中，胡而弗測定十一年之周期至十九世紀末，海爾又發明磁力相關之理，而後推求益密。至日珥日冕之現象，必在日全食時始得測見；蓋當月體掩日之時，見日體四周發出紅色之光，如火燄之飛騰，如晚峯之穿雲，如飛鳥舞空，如雜樹偏野，形象不一，蔚爲奇觀，明史所謂鏡黛噴花，談天所謂玫瑰色峯，今謂之日珥是也。在十九世紀以前，天文家推算日食，不厭求詳，而觀測全食，機會難得，亦不重視，故全食之現象不知也。一七一七年哈雷曾

在全食時得見日冕日珥之象，而不知其發自日體。至一八四二年始開全食觀測之新紀元，是年七月八日，全食經維也納各地，英法德俄天文家聚集於全食帶內，果得見日冕環繞日之四周，白火熒熒，而又發出三峯其狀如火燄，其色如玫瑰，高達數萬哩，嘆爲觀止。明年失瓦白著黑子周期論，繪有日冕日珥之圖。一八五一年七月二十八日全食經瑞典挪威，天文家如愛蘭，欣特，賈令敦，拉斯爾，俱得目證，愛蘭名此紅光曰山峯（Sierra）；當時大半天文家以爲出自日體，然尙有人以爲地球空氣折光所致，或月面掩蔽分光所生。一八六〇年賽起在地中海沿岸，觀測全食，由攝影術分光法，而斷定其由日面所生。由是天文家咸欲一觀究竟，以決是非；但在八年之後，始有全食，且所經之地，離歐甚遠，是爲一八六八年八月十六日全食，經印度暹羅馬來羣島。當時普法戰爭，巴黎被圍，法天文家然孫夜乘氣球，偸越敵營而出，急往印度，幸得及期觀測，用分光鏡以測日珥，極爲明顯。旣思此種物質發生於日面，自不必候至全食而始見；但當日下午復圓時，陰雲不見，故於次日清晨日初出時，天氣清朗，以分光鏡向日之一邊，卽昨日所見日珥之處，果見分光景完全相同，亦甚明晰可數，不勝快慰。且不如全食時僅爭數分鐘之觀測，無庸急促，儘可詳細測驗，終得偉大之發明。蓋分光景中之

明線，原為日珥中含有大量輕氣；乃發見另有一種黃線，明知其非鈉，而必為他種原子後人名之曰氦，約三十年後（一八九五年）始在地球上發見此項原子。其體質甚輕，不若輕氣之易於惹火，為近代飛機之主要原素，當時然孫冒險飛渡，僅藉氣球之力，而長途跋涉，得此重要之發明，反為後人乘坐飛機，創其基礎，不亦奇哉。然孫觀測日食，得此結果，私心愉快，自不待言，因將發明之事，函告祖國，但其觀測之地，在東印度，交通不便，函到法國，稽延至二星期，而同時英國天文家陸甲，亦有同樣之發明，不謀而合。陸甲以實測所得，報告英國皇家學會，並函達法國科學院，而該院適接得然孫之報告，於是二人之發明，同時宣讀，一八七二年法國政府各給金章，以奬二人之學績，一時傳為佳話。（註五）

日冕係純白之光芒，包圍太陽四周，面積極大，而光力極弱，在全食時見之甚顯，全食一過，立即隱滅，不若日珥之隨時可測。今雖有人發明在全食以外窺測日冕之法，但未臻完善，故觀測日冕，仍為今日全食時重要問題。屢經各家之測驗，知日冕與黑子周期有密切之關係；黑子全盛時，日冕之光，向四面擴張，成多角之形，黑子衰落時，日冕之光，由太陽赤道伸展，而兩極短縮，如刷子之形。十九

世紀末葉，繼然孫陸甲而起者，爲美國天文家楊氏，一八六九年日冕分光景中，楊氏測見極明之線，證明其爲最輕之氣體，地球上所無，認爲化學中之新原子，而名之曰冕氣。當時與陸甲所測參宿大星雲，分光景中之明線，名星雲原子者，同爲一種新發見。後屢經物理家化學家天文家之探討，始知此種原子，在原子週期表中，無適當之位置，可容此二物。至一九二六年蒲文始測得所謂星雲原子者，實由於氫氮之游離作用，案星雲分光景中有二明線，日冕分光中有一明線，在實驗室中無物可以復製，故認爲新原子。蒲文始證明其爲氫氮所致後，最近美國加省大學教授荷泊飛爾，在實驗室得製成此種明線，益足證二種新原子並不存在。又經各家之試驗日冕線與氫線之浪長相同，足證日冕內有氫之存在，然欲得確切不移之答案，仍須在以後全食時作此明線浪長之精密測量；但在全食三五分鐘內，時間極短促，而測算須細密，又極感困難也。將來如能在日食外測之，則可得較詳之發明矣。

今美國天文家海爾爲太陽分光學之專家，利克天文臺及威爾遜山天文臺之建設，悉由其計劃監督，克成世界天文臺之領袖。海爾於一八九〇年，造太陽分光攝影儀，能分攝太陽之單純光線，

即可由某一浪長，以證驗某一原子，其法甚妙，如得日面全體之攝影，可知各種原子之分布及所發之光浪纖細無遁。由是發見日面有極明之鈣質如白雲之繚繞，因名之曰白斑（flocculi 或譯譜斑或譯羊毛斑）；其所測日冕，亦甚詳晰；大旨近日之處，光爲灰黃，與日珥之紅色適相反映，離日稍遠，始成梨白之色。並測定日冕所發之光，僅及日光百萬分之一，其全部之光照及地面，不過及月光之半，且在全食之時，天空甚黑，亦可見其光力之弱矣。今經各家之試驗，日冕之光大約可分爲三種，一日光之反照，二白光，三明線，其間約有三十線，不能於實驗室中復製之；初以爲未知之新原子，今已證明其爲已知原子之稀有線。日面之現象，種種不一，現在雖陸續發明，皆爲前人所未夢見，然尚在試驗之中，未知何時始能全揭其祕也。

流星飛行天際，多若塵埃，一晝夜間，數逾千萬，夏夜納涼庭心，時或見之；下半夜恆多於上半夜，下半年恆多於上半年，因其時地球與流星道相近故也。考諸我史，星隕如雨，隕石於宋，早見於春秋，自漢以後，史不絕書。馬氏通考謂，宋史一月而四五見，同日而數流（宋史天文志紀載流隕，多至四卷）；明史天文志謂，靈臺候簿飛流之記，無夜無有者，足證其紀載之多也。一八四一年，法人畢渥德

撰中國流星史，不過據通考迻譯，已成巨觀，正值西洋流星天文學萌芽之時，莫不視爲重要之參考。所惜者古代隕石俱失所在，而西史所紀寥寥可數，歷代天文家未嘗重視，遠不如中國觀測之勤。至十八世紀末，始有德國兩青年一名勃蘭特，一名便孫伯，俱爲古丁更大學學生，作有統系之實測；勃蘭特復測算流星之高度，及距離之遠近。一七九九年十一月十一日漢巴德在南美測見流星數千。一八三三年十一月所見亦多，至一八六六年十一月十四日發見流星異常較多，於是天文家更爲注意，羣起研究，故侯失勒約翰曰『後必以是年爲流星天學之元年也。』當時美之牛敦，意之沙帕勒利，推算其出發之點，在獅子座中，近軒轅第十二星，因名之曰獅子座流星雨，又推定其周期爲三十三年又四分年之一；沙帕勒利又發見英仙座流星雨之軌道，與杜特彗（Tuttle Comet）之軌道相合，爲流彗天文史中重要發明。次年力佛理亞證明獅子座流星雨之軌道，與但白勒彗（Temple Comet）之軌道相合，仙女座流星雨之軌道，與比乙拉彗（Biela Comet）之軌道相合。近年英之鄧甯，美之渥力佛，皆爲流星天學之專家，又證明寶瓶座流星雨與哈雷彗，有密切之關係。我國地方志向無天文，所紀彗孛流隕，或根據目見，或得諸傳聞。而丹陽縣續志有云『宣統二年四月，彗

星見，夜流如織[一]。查是年四月，相當於西曆一九一〇年五月初旬，正值哈雷彗與寶瓶座流星雨發見之時，不意縣志寥寥數字，足為流彗同道之鐵證。

十九世紀天學各部，各有專家，已如上述，其他如沙怕勒利勞惠爾之火星地文學；肯格遜畢批林之恆星測光學，皆極著名。達爾文依潮汐原理，而推究月球原始；強峙來測地軸轉移，而發見緯度變遷；密結爾遜創干涉光計，而測定光行速度；天文之測算，日趨完善，至十九世紀末已達全盛時代，各國天文著述之行於世者，實未可一一計也。

（註一）下列諸書足供參考。

（1）克拉克十九世紀天文史，(Clerke's History of Astronomy in the 19th Century)

（2）格來德物理天文史，(Grant's History of Physical Astronomy)

（3）李善蘭譯談天。

（4）鄧肯天文學，(Duncan's Astronomy)

（註二）關於日食推算法，著名之作如下。

（1）白賽爾交食解，(Bessel's Analyse der Finsternesse)

（2）亨森交食法，(Hansen's Method of Eclipses)

(3)蒲希南交食原理，(Buchanan's Theory of Eclipses)
(4)牛考基實用天文學，(Newcomb's Practical Astronomy)
(5)薛佛內實用天文學，(Chauvenet's Spherical & Practical Astronomy)
(6)立奇交食圖解，(Rigge's Graphic Construction of Eclipses)
(7)羅密士圖解日食法，載在天文揭要上卷。
(8)王揚恩繪圖日食算法，載科學第十三卷第三期。又簡捷繪圖日食算法，載科學第十五卷第十期。

(註三)海王星發見史，載在夏氏天文圖書考原，第二四五至二五四頁。

(註四) 十九世紀各國折光鏡在十五吋以上者如下。

天文臺		口徑
美國野克司天文臺	Yerkes	四〇吋徑
美國利克天文臺	Lick	三六
法國迷同天文臺	Mendon	三二
德國巴茲敦天文臺	Potsdam	三一
俄國皇家天文臺	Imperial	三〇
法國奈司天文臺	Nice	三〇
美國耶禮天文臺	Yale	二八

英國格林威基天文臺	Greenwich	二八
奧國皇家天文臺	Imperial	二七
美國海軍天文臺	Naval	二六
美國麥考米克天文臺	Mc Cornich	二六
美國司巴羅天文臺	Sproul	二五
英國格此海特天文臺	Gatehead	二五
法國巴黎天文臺	Paris	二三·五
美國泊林司敦天文臺	Princeton	二三
美國鄧佛天文臺	Denver	二〇
美國司密孫寧天文臺	Smithsonian	二〇
德國司拉司堡天文臺	Strasbury	一九
英國芝高閣天文臺	Chicago	一八·五
美國私家天文臺	Private	一八
美國華南天文臺	Warner	一六

美國卡爾登天文臺	Carleton	一六
美國槐希勃天文臺	Washburne	一五・五
美國哈佛天文臺	Harvard	一五
瑞士皇家天文臺	Royal	一五
英國皇家學會天文臺	Royal Society	一五
英國林特賽天文臺	Lord Lindsay	一五

十九世紀各國返光鏡在二十四吋徑以上者如下

英國羅斯天文臺	Earl of Rosse	七二吋徑
澳洲梅爾勞天文臺	Melbourne	四八
法國巴黎天文臺	Paris	四七
英國康孟天文臺	Common	三六
法國買賽爾天文臺	Mar-eillas	三一・五
法國土路斯天文臺	Toulouse	三一・五
美國特拉泊天文臺	H.Drape	二八

美國哈佛天文臺	Harvard	二八
英國格林威基天文臺	Greenwich	二八
英國拉斯拉天文臺	Mr. Lassell	二四
英國劍橋天文臺	Cambridge	二四

(註五)參觀楊氏太陽論,(Young's The Sun) 亞巴德太陽論,(Abbot's The Sun, 1929) 密喆爾日食論。氦之原質,始於一八九五年,英人來姆賽在氧化鈾礦石中發見之,後在隕石及空氣中,亦發見此種原子。

五　二十世紀天文學史

天文之學，重在測算，二十世紀過去三十餘年，算學之進步，一日千里，測天之儀器，日新月異，實開近代天學之新紀元。回溯十六世紀以前，中國觀測之精勤，西域儀象之精良，第谷規模之宏大，皆足視爲測天之盛業；然仰觀全憑目力，測算不外幾何，觀七政之運行，以恆星爲背景，定恆星之方位，猶計里之驛站而已。目力所及，僅至第六等星，自迦利略創造遠鏡，始得望見第十等星，威廉大返光鏡望至第十五等星；遠鏡之力漸增，所見之星益多。二十世紀天學之飛黃騰達，足以超越前代者，固在遠鏡之擴大，但無他器以助之，遠鏡亦不能盡其長。故測天之器，尚有二種最重要者：一爲攝影鏡之改良，乾片之感光，愈見敏銳，足以增強遠鏡之力；一爲分光鏡之精微，凡遠鏡之所不及者，得藉分光鏡以徵驗之，立物理天文學之基礎。於是二十世紀當前二大問題，爲各天文家所致力者，正方興而未艾，一爲宇宙之組織，一爲星象之進化；而宇宙間各種星體之運動，物理之性質，化學之成分，物

質之起滅，凡有關於星之原始，星之年齡者，此二大問題實有密切之關係也。

二十世紀天文史開宗明義第一章，當為大返光鏡之建設，增出不少重要之發明，開近代天文之新世界。當一九〇五年，綠杉磯鋼鐵富翁霍堪，願捐巨資，為威爾遜山天文臺，造百吋徑之返光鏡。該臺原附屬於康奈基大學，而創辦人康奈基，又為霍堪之同業老友，二人皆年逾古稀，熱心天文，提倡頗力；此亦美國富商之能善用其財，與利克之名，並垂不朽。當時以如此巨大鏡面，物料難得，卒由法國玻璃廠獲得大玻璃，徑長一百有一吋，厚十三吋，重四噸半，隨即運至美國，設廠磨琢，經數年之久，拋物鏡面始成，鍍銀試驗，聚光清晰，鑑人毫髮；而一切附屬建築，工程浩大，所費甚鉅。遠鏡之裝置係英國式，全部重量在百噸以上；鐘機轉運，臺頂旋移，以及移動鏡身，悉由電力發電機之裝置，至四十部之多。中經歐戰，各工廠忙於製造軍用品，故遠鏡工程，停頓二年，至一九一九年始裝置完成；而分光鏡攝影鏡，及各種相當儀器，無不支配就緒，專候天文家之觀測，以發明宇宙之祕奧。今天文教本中，皆有此鏡之攝影，可參觀也。(註一)

此鏡第一件大工作，即測恆星之徑，惟恆星距離甚遠，望之如一點之光，遠鏡愈大，星光愈晰，仍

如針頭細點，不能擴大其面積，欲測其大小，實屬至難之事。一八六八年法國物理學家費佐首創其法。一八七四年法國天文家司蒂芬測星光之涉干流蘇，（interference fringes）決定星之角徑，必小於弧度〇・一五八秒。一八九〇年，密結爾遜用干涉儀，測得雙星之密距，爲遠鏡所不能分者，並謂如有大干涉儀，則測得星之直徑，必較司蒂芬爲密。明年復在利克天文臺，如法測得木衛之徑甚密。然當時無大遠鏡，足以裝配相當之大干涉儀，故三十年來僅有其說而不能見諸行事。迨百吋徑返光鏡建造之後，海來即提及此事；繼因美國參加歐戰，科學家皆窮思竭想，研究戰具，密結爾遜發明礮彈射程之新法，爲美國海軍所利用，測天之事，無暇及此。歐戰告終，大鏡完成，於是密結爾遜與披斯計劃二十呎長之大干涉儀，由天文臺工廠製造，裝置於大返光鏡之上端，觀望涉干流蘇，可擴大至三千倍，足敷應用；遂選擇參宿中之大紅星，名參四者，爲觀測之目標，因此星比較易測。前美天文家羅賽爾測得其角徑爲〇・〇三一秒，英天文家愛亭敦測得其角徑爲〇・〇五一秒，又在英國皇家學家演講，謂測恆星之大小，爲今日天學最重要事。威爾遜山天文臺有精良儀器，正在詳密測驗，所得結果，當益準確。一九二〇年披斯經數次之密測，得其中數爲〇・〇四七秒，適在羅愛

二氏之間，猶一吋徑之小球，在七十哩之距離；既知參四之角徑，當求其距離，然後可得直徑。海來爰據各家所測視差，核其中數爲〇・〇二秒，由是求得直徑爲二一五〇〇〇〇〇〇哩，比太陽約大二百九十倍（太陽之徑爲八六五〇〇〇哩）若以此星置諸太陽之上，足以覆蓋水星金星地球之軌道而將及火星；參四之徑，如此之大，然由最大遠鏡中窺之，仍不過一點之光，其距離之遠，亦可想見。據海來所定視差推之，則其光及地，須一百六十年，猶非恆星中之最遠而最大者也。披斯復測得大角之直徑爲二一〇〇〇〇〇〇哩，比太陽約大三十倍，最後復測得心二之直徑爲四〇〇〇〇〇〇〇〇哩，比太陽約大四百八十倍，其光及地須三百五十年，是爲已測見恆星之最大者，而猶非最遠者也。

自參四之徑測定後，恆星天學之範圍益廣，羅素爾與漢止司泊倫推究恆星進化之理，以爲恆星按分光型而分類者，有修改之必要；因創巨星矮星二大類，巨星者體積龐大，矮星者體積較小。當星在幼年時代，爲疏薄氣體而其色紅，所佔空間甚大，是屬巨星之類；因引力作用，逐漸縮小，而溫度漸高，於是由紅而黃而白，而終至青白，此時體積縮小，早入矮星之境；溫度之高，已達限度，於是復逐

漸變冷散熱，由靑白而黃而紅，而終至深紅，則此星已至晚年時代。故同一紅星，有老少之分，巨矮之別，如此循環相生中亘數千萬年。至後亞當斯根據此理，用分光鏡以測恆星之距離，及實在之明度，凡二千餘星，與羅漢二氏學理相符；但二十吋干涉儀，所測之星尙不多，至白矮星則無法可測其徑也。如有再大干涉儀，再大遠鏡，則各星庶幾可逐一測驗矣。

近世遠鏡日精，可見之星驟增無數，發見星雲不下二百萬，獨球狀星團自侯失勒父子以來，近百年中並無顯著之增益。屈來野新表所增亦極有限，故培蘭謂球狀星團在天空中，有一定限制，非無遽也。近年夏伯蘭測而入表者凡九十三團，墨瓦臘尼雲中有球狀星團凡十，未經列入，此皆見於屈氏新表，夏氏亦無所增加；惟屈氏有三十四星團，未曾認作球狀耳。據夏氏所測最遠之球狀星團，爲十八萬五千光年，而星與星之距離，亦有五百光年之遠，比太陽與最近之恆星，約大一百二十五倍；而尋常小遠鏡望之，細星團聚，尙不能分別也。天空之大，不可思議！然奎宿大星雲猶在八十七萬光年，其他旋渦星雲有遠在百萬光年以外者；又向外運動，日增其距離，究伊於何底，殊難預言，此愛亭敦所以創膨脹宇宙之說也。

研究球狀星團中之變星，爲近世天學之新發明，其歷史不過三十年。自一八九一年，英天文家康孟，細測球狀星團歷年攝影，始覺梅氏第五星團中有數星變光之象。一八八九年畢堪林，及一八九〇年派堪各不相謀，亦經測驗此種變星，而未著於世，故此項變星天文學之發達，實全賴培蘭之功。培蘭於一九一三年在祕魯天文臺測見梅氏第三星團中有一百餘變星，於是由各種遠鏡所攝之影，發明球狀星團中之大多數變星，並測定其光度曲線，及變光周期，創立近今最新天學之基礎。近二十年來以夏伯蘭爲著名，經十二年之密測，在四十五球狀星團中，共發見八百八十六變星，其一半已測定爲造父類短周變星，周期皆小於一日；其他諸星之變光周期，未經詳測，大半亦屬短周變星。雖其間長周變星及無定變星亦偶有發見，而交食變星則絕無所見；至十七等以下小星，恐尙有不少變星，因微小不能測，將來儀器再精，必有新發明。(註二)

觀測變星原爲天學中重要事，其歷史亦有二百年，至今日各國天文臺莫不專設一科，攝影測驗，不厭求詳，猶恐力有未周，復由私人組織團體，聯合觀測，以補公家之不足，如美國變星觀測會，(A. V. S. O. A.)範圍最大，各國皆有人加入，而中國獨無。故一九二九年該會兩祕書渥爾卡德與

肯拜爾，邀予入會，並被推爲永久會員，但予入會以來，毫無供獻殊形慚愧。當年寄來藍印變星圖六百五十幅，皆經歷年各會員之實測，及哈佛天文臺之修正，故十分精密。肯拜爾又搜集近十年法美兩國實測之成果至爲詳盡，曾載哈佛報告書第三六七號（一九三〇年），予細爲校核，共得長周變星凡三百八十六，在赤道北者二百二十一星，約佔全數百分之六十弱，在赤道南者一百六十五星，約佔全數百分之四十強。又查披尼女士所著高溫明星一書（Star of High Luminosity, by C. H. Payne, 1930）內載短周變星表凡一百七十二星，在赤道北者六十八星，約佔全數百分之四十，在赤道南者一百有四星，約佔全數百分之六十；可見短周變星南天多於北天，而長周變星北天多於南天，其百分比大略相同，恐非偶然巧合，但莫明其理，自有待於各專家之研究也。

研究太陽之專家，前有然孫陸甲，繼有福格爾楊氏，今有亞巴德海來，皆爲近世之最著名者。而海來在威爾遜山天文臺建立高堵遠鏡，專備太陽分光之用，其構造之法，可謂獨具匠心，亦二十世紀天文史中重要之建設也。臺高一百五十呎，以鋼架支柱之，築在威爾遜山之頂，遠望之如救火會之警鐘樓。臺中設六十吋徑大返光鏡，臺下有一巨管，直達地面；並無扶梯亦無電梯，其升降藉一如

鑑之器，較電梯爲速，如乘飛機，感覺相同。地面之下，又有七十五呎深之地穴，裝有螺旋扶梯，可以上下。穴內設有分光鏡格子，係金屬凹面，闊六吋，每吋之內，刻有細紋一萬四千四百六十八，全面凡八萬六千八百零八線，其功用猶普通分光鏡之三稜玻璃。在地穴內仰望遠鏡中反映之太陽，如在天空，毫無區別；不過太陽之徑，有十六吋闊，遠鏡與格子相距二百二十五呎，因深穴之內，氣溫無大變化；則此種精微之器，不致發生差異，是其優點。且觀測之時，不必升至高塔之頂，亦不必深入地穴之底，卽在平地之上，裝有分光鏡，由極細空格中窺之可也。凡普通三稜鏡中不能分之線，在此鏡中有一吋餘闊，極爲顯明，實今日太陽分光鏡之最巨大而精良者矣。

二十世紀天算學理之最大發明，當爲哀斯坦之相對論，創四元時空，變更牛頓萬有引力之理，玆舉有關於天文者，擇要論之。哀氏謂：光線經過巨大物質，如太陽之類，不行直線而行雙曲線，其曲折之度，應爲一・七五秒，如用牛頓定律光行直線推算，將小一倍。但欲實驗其說，必在全食之時；故一九一九年五月二十九日全食過非洲，畢宿諸星之光，皆近太陽，爲測驗絕好機會。愛亭敦與竇維生於日食前後所攝諸星之影，比核推算，其數與哀氏預推相合；於是哀氏學說闡傳世界。一九二二

年肯拜爾在澳洲觀測全食所得結果，亦與哀氏相合。嗣後每遇全食，無不試驗，今已證明哀氏預推，極爲準確。據牛頓定律行星繞日之軌道爲橢圓，其長徑之方向在天空恆不變。哀氏相對論謂行星之軌道爲螺旋線而非橢圓，其長徑之方向在空中旋轉，由是推算水星之近日點，每百年移轉四十三秒，與牛考慕所測相合。當時牛考慕但知平方反比例之公式有不合，而未明其理；太陽率領行星向其絕頂而行，諸行星繞日之道，自成螺旋之進展，哀氏推算與實測密合，又足證相對論之有據。哀氏又謂光陽分光景中諸線，向紅色一端略有移動，其關係極爲複雜，今尚無簡明之試驗。哀氏算理精深，爲近代物理大家，生長德國，近年國社黨執政，驅逐猶太人，今寄居美國，任大學教授；其相對論之學說，哀氏及各天文家均在試驗之中，尚不能以一二端之密合，即足以推翻牛頓之定律也。

二十世紀天文史中，又有一重要事，即冥王星之發見是也。自力佛理亞與亞但史推得海王後，七十年來尚未得環行一周，而各天文家相繼測算，即知海王以外，尚有行星。一九〇五年勞惠爾推算其位置，並與天文臺諸人在攝影上詳細檢查，但未能如願。一九一五年，正在其去世之上一年，發表其數年推算之結果，預定兩處爲新行星之所在；由是天文臺諸家根據其預推之處，繼續觀測，未

營稍懈。至一九三〇年一月二十一日，果由湯姆拔在勞惠爾所預定之一處，發見此新行星，因名之曰冥王星，距日約五三二六三五〇〇〇〇公里，亦足以償勞惠爾十年之苦心，惜乎其未及目證也。然則太陽系之範圍，豈僅限於此乎，今畢堪林又推冥王之外，尚有行星，且不止一星，恐距日愈遠，所得日光之返照愈微，遠鏡不能見，攝影不能及；今二百吋徑之返光鏡，已在磨琢之中，不久當可建立，則此後新行星之發見，亦意中事耳。

今天文學之範圍，約言之，僅有三種星象：一恆星，太陽爲其代表；二行星，地球爲其代表；三衛星，太陰爲其代表。廣言之，可分三系：如太陽太陰行星衛星彗星流星，集合而成太陽系；太陽系之外，有無數恆星，愈近銀河愈密，在銀河之中，細星密聚，中心厚而四周薄，如二碟相合而成銀河系；銀河系之外，復有百餘球狀星團，及無數旋渦星雲，集合而成星雲系。故地球爲太陽系之一分子，太陽系爲銀河系之一分子，銀河系爲星雲系之一分子，由是而構成物質宇宙；天文學者，研究此宇宙間各種物質之科學也。觀已往之歷史，天文之學，不外測算，初藉算數力學，以推究諸星之運動；繼藉物理化學，以測驗諸星之性質。研究之範圍愈廣，難解之問題益多，無論將來儀器如何精良，宇宙間無窮之

祕，終未能盡揭也。故天文之學，隨書契紀載以俱來，而未發之祕，亦隨人類生存以長留，小史篇幅有限，而續之者正無窮也。

（註一）大返光鏡建設詳情，海來新天（Hale's New Heavens）論述最詳，可參觀也。當此鏡在醞釀之時，霍堪與康奈基，無日不盼其速成。一九一一年康氏已七十六歲，霍氏亦七十五歲，四月中二老相會於綠杉磯，康氏忽語霍氏曰：我輩將不及觀成矣！距意五月中霍氏即病卒，及此鏡完成而康氏亦已去世；不幸而言中，後人莫不為之惋惜。

（註二）參觀文鑫星團星雲實測錄。

附錄

外國人名中西對照表

括弧內爲各家生卒之年，其在紀元前者註以 B.C. 二字，其有不詳生卒之年者，但註以著作之年；掛漏必多，還望讀者參考西書爲幸。

二畫

力佛理亞　Leverier, Urbain Jean Joseph (1811-1877)

三畫

大朗培　D'Alembert, Jean-le-Rond (1717-1783)

四畫

尤篤克司　Eudoxus (409-349 B.C.)

牛頓　Newton, Sir Issac (1642-1727)

牛考慕　Newcomb, Simon (1835-1909)

牛敦　Newton, H. A. (1866)

太畢平高拉　Tabit ben Korra (836-901)

五畫

尼布甲尼撒	Nebuchadrezza
尼谷爾遜	Nicholson S. B. (1891-)
司內爾	Snell, Willebrord (1591-1626)
司密司	Smyth, C. P.
司蒂芬	Stéphan (1930)
必亞齊	Piazzi, Guiseppe (1746-1826)
失瓦白	Schwabe, Heinrich (1789-1875)
左斯甘	Tuscan, Grand Duke of
卡紐	Cornu
卡洛斯	Carlos
卡林尼	Carlini, F.
本特	Bond, George Phillips (1825-1865)
白拉勒	Bradley, James (1693-1762)
白賽爾	Bessel, Friedrich Wilhelm (1784-1846)
白力斯	Bliss, Nathaniel (1700-1764)
白拉恩	Braun, P.

白朗	Brown, E. W. (1920)
立奇	Rigge, W. F. (1925)
六　畫	
多祿某	Ptolemy, Claudius (140 A. D.)
西拏立基	Sennacherib (705-680 B. C.)
西翁	Theon (365)
弗拉開斯脫	Fracaster, Jerome (1483-1543)
弗勞恩霍拂	Fraunhofer, Joseph (1787-1826)
那梭伊亭	Nassir Eddin (1201-1273)
伊哈平呼寧	Ishak ben Honien (900)
伊品行拿	Ibn Yunos (1000)
成吉思汗	Genghis Khan
米倫區松	Melanchthon (1600)
米洛德	Melotte
比乙拉	Biela, W. (1782-1856)
七　畫	
希羅多德	Herodotus (400 B. C.)
希司他	Hicetas (500 B. C.)
希拉克力托	Heraclitus (395 B. C.)
希愛納	Scheiner, Christopher

(1575-1650)

希維利 Hevelius, Johannes (1611-1687)

希翁納 Schoner, (1514)

希洪番爾 Schönfeld, Eduard (1828-1891)

刻白爾 Kepler, John (1571-1630)

阿色蹣尼泊 Assurbanipal (668-626 B. C.)

阿幾密迪 Archimedes (300 B. C.)

阿泊洛尼 Apollonius (300 B. C.)

阿爾白士 Olbers, Heinrich (1758-1840)

阿幾蘭特 Argelander, Friedrich W. A. (1799-1875)

克來洛 Clairaut, Alexis Claude (1713-)

克考夫 Kirchhoff, Gustav Robert (1824-1887)

利瑪竇 Ricci, P. Mathieu (?-1610)

利滿 Reymers, Bar or Ursus (1600)

利谷力 Riccioli, John Baptist (1588-1671)

利泊希 Lippershey, Jan

(1560-1619)

利奇蒙太那　Regiomontanus, John Muller (1436-1476)

利的堪　Rheticus, George Joachim (1614-)

利克　Lick, James (1888)

却利司　Challis (1846)

沙怡勒利　Schiaparelli, Giovanni Virginio (1835-1910)

但白勒　Temple (1850)

杜特　Tuttle

亨森　Hausen, Peter Andreas

(1795-1874)

亨該　Hencke, Karl Ludwig (1793-1866)

八畫

泥阿卡斯　Nearchus (300 B. C.)

佛蘭斯德　Flamsteed, John (1646-1719)

佛內爾　Fernell, John (1497-1558)

呼寧平伊哈　Honein ben Ishak

呼拉格汗　Hulagu Khan

松米　Thome (1880)

法必修　Fabricus, John (1587-1615)

欣特	Hind (1860)
泊拔克	Purbach, George (1423-1461)
泊利司登	Preston, E. D.
泊拉克托	Proctor, R. A. (1837-1888)
屈來野	Dreyer, J. L. E.(1852-1926)
波德	Bode, J. E. (1747-1826)
迦力馬谷	Callimachus (250 B. C.)
迦力波	Callippus (400 B. C.)
迦利略	Galileo Galilei (1564-1642)
花爾	Hall, Asaph (1829-1907)
依巴谷	Hipparchus (100-170 B. C.)
奇斯	Giese (1600)
奇爾	Gill (1883)
拉該爾	Lacaille, Nicholas Louis de (1713-1762)
拉格朗越	Lagrange, Joseph Louis (1736-)
拉斯爾	Lassell, William (1799-1880)
拉白切希	Leibniz (1680)
拉柏拉斯	Laplace, Pierre Simon (1749-1827)
拉愛得	Wright, Thomas

(1711-1786)

披斯 Pease, F. G. (1881-)

披尼 Payne, C. H. (1930)

肯拜爾 Campbell, Leon (1881-)

肯拜爾 Campbell, W. W. (1862-)

九　畫

柏拉圖 Plato (428-347 B. C.)

柏林尼 Pliny (27-79)

柏錫圖尼 Posidonius (135-51 B. C.)

恒特孫 Henderson, Thomas (1798-1844)

哀斯坦 Einstein, A. (1879-)

哈雷 Halley, Edmund (1656-)

哈漠拉比 Khammurabi

哈羅克斯 Horrox, Jeremiah (1619-1641)

哈遼德 Harriot, Thomas (1560-1621)

段文西 de Vinci, Lionardo (1452-1519)

威廉第四 William IV, Landgrave

胡德瓦 Woodward

胡而弗 Wolf, Rudolf (1816-1893)

便孫伯 Benzenberg (1777-1846)

勃蘭特 Brandes (1789)

十畫

亞爾孟梭 Al Mansur (754–775)

亞爾拉西 Al Rasid Harun (765–809)

亞爾邁蒙 Al Mamon (815)

亞爾拜帖尼 Albateginus (850–929)

亞爾沙非 Alsufi (903–986)

亞爾哈成 Alhazen (1038)

亞而封所 Alfonso X of Leon (1223–1284)

亞柴却 Arzachal of Toledo (1080)

亞歷山大帝 Alexander the Great

亞理斯底亞 Aristiea (600 B. C.)

亞力士多德 Aristotle (384–322 B. C.)

亞里大各 Aristarchus (280 B. C.)

亞力斯的羅 Aristyllus (300 B. C.)

亞白華發 Abul Wafa (940–998)

亞拉谷 Arago (1800)

亞哀勒 Euler, Leonhard (1707–)

亞但史 Admas, John Cauch (1819–1892)

亞爾培 Albert of Prussia (1551)

亞當斯 Admas, W. S. (1876–)

亞巴德 Abbot, C. G. (1872–)

哥白尼	Copernicus, N. (1473-1543)
哥崙布	Columbus, C. (1450-1506)
侯失勒威廉	Herschel, Sir William (1738-1822)
侯失勒迦羅林	Herschel, Caroline (1750-1848)
侯失勒約翰	Herschel, Sir John (1792-1871)
侯失勒	Herschel, A. S.
侯失勒	Herschel, J.
格勒哥里	Gregory XIII (1502-1582)
格里古來	Gregory, James (1638-1675)
海畢梯	Hypatia (415)
海更士	Huyghens, Christiaan (1629-1695)
海因湛	Hainzel (1565)
海爾	Heyl, P. R.
海來	Hale, George Ellery (1868-)
特拉泊	Draper, Henry (1832-1882)
部額	Bouguer, P. (1698-1758)
班野	Bayer, John (1572-1625)
納氏	Napier (1614)
泰理士	Thales (640-546 B. C.)

康德	Kant, I. (1724-1804)
湯姆拔	Tombaugh (1930)
十二畫	
提細亞斯	Ctesias (400 B. C.)
第谷	Tycho Brahe (1546-1601)
斐洛拉	Philolaus (500 B. C.)
斐爾臺福	Philadephos Ptolemy
華爾善	Walther, Bernard (1430-1504)
華勤丁	Wargentin, P. V. (1717-1783)
華拉司敦	Wallaston, W. H.
	(1766-1828)
勞林生	Rawlinson, H. C.
勞惠爾	Lowell, Percival (1855-1916)
渥欣德	Osiander (1600)
渥力佛	Olivier, Chas. P. (1924)
渥爾卡德	Olcott, William Tyler (1930)
賈令敦	Carrington, R. C. (1826-1875)
奧古斯督	Augustus (10 B. C.)
奧泊爾子	Oppolzer, Th. von

十三畫

愛蘭	Airy, G. B. (1801-1892)
愛亭敦	Eddington, A. S. (1882-)
楊氏	Young, C. A. (1834-1908)
路德	Luther (600)
福格爾	Vogel, H. C. (1842-1907)
強特來	Chandler, Seth Carlo (1846-1913)
該撒儒略	Julius Caesar (45 B. C.)

十四畫

蒲文	Bowen, I. S. (1898-)
榜特	Pound, James (?-1724)
嘉勒	Galle, J. G. (1812-1910)
鄧寧	Denning, W. F. (1910)
鄧肯	Duncan, J. C. (1930)
普格遜	Pogson, Norman R. (1829-1891)
賴因化	Reinhold, Enasmus (1511-1553)

十五畫

撒克羅巴斯谷	Sacrobosco, John Halifax (1250)
漢巴德	Humboldt, Alexander von (1769-1859)
漢止司泊倫	Hertzsprung, E.

外國地名中西對照表

四畫

巴比倫	Babylon
巴拉哈	Prague
丹麥	Danmark
牛津	Oxford
文司德	Wansted
巴黎	Paris

五畫

幼發拉的	Euphrates
尼開	Nicaea
白洛那	Bologna
卡賽	Cassel
弗拉恩堡	Fraunberg
弗倫福德	Frankfort
弗洛倫司	Florence
介墅	Linz
古丁更	Göttingen
司底培里	Steen Bille

六畫

托來圖 Toledo
米拉迦 Meraga
那波利 Naples
西西利 Sicily
夸本海更 Copenhagen

七畫

阿拉伯 Arab
阿卡 Akkad
努倫堡 Nurnberg
君士坦丁 Constantinpole
克尼圖 Cnidus
拍圖亞 Pudua
佛拉拉 Ferrara
利琴司堡 Regensburg
享密爾敦 Hammilton

八畫

底格里斯 Tigris
拜帖尼 Bateginia
拔賽里 Basle
米布悉 Leipzig
波斯 Persia
波蘭 Poland
波希米 Bohemia

九畫

科爾圖巴	Cordova
威尼司	Venice
威爾遜山	Mt. Wilson

十畫

埃及	Egypt
亞述	Assyria
亞摩利	Amorite
亞柴山	Arthor's Seat
亞力山大里亞	Alexandria
索倫	Thorn
紐司曲洛	Knudstrug
紐約	New York
格林威基	Greenwich
都靈	Turin
哥寧堡	Gonigsberg
斯羅	Slough

十一畫

開義羅	Cairo
雪尼	Cyene
雪倫尼	Cyrene
畢散那	Bithynia

十二畫

黑文島	Hveen

黑森 Hessen

奥古斯堡 Augusberg

十三畫

塞維勒 Seville

報達 Bagdad

愛亭盤 Edinburgh

聖海倫那 St. Halena

十四畫

維也納 Vienna

碧沙 Pasi

十五畫

綠杉磯 Los Angels

漢諾威 Hanover

摩洛哥 Morocco

撒馬爾罕 Samarcand

十六畫

賽麻司 Samos

十七畫

龍潭島 Rhodes

二十畫

蘇格蘭 Scotland